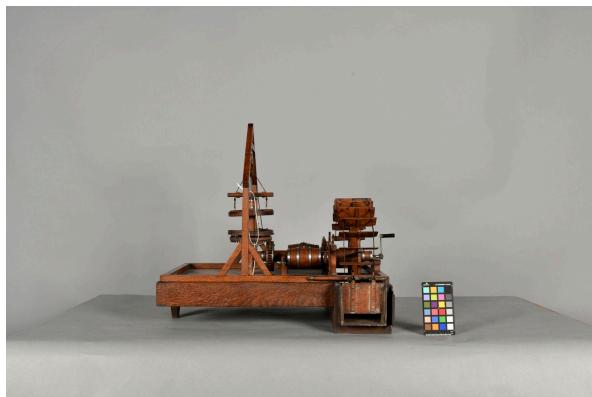


Rapport d'intervention

Modèle réduit de moulin à meules pour la trituration du soufre



Lieu de conservation : Musée de l'armée

N° d'inventaire : 2016.0.855 / P 25 Rob

Département des restaurateurs

Spécialité : Mobilier

Responsable de spécialité : Céline Girault

Assistant : Benoît Jenn

Élèves restaurateurs : Lucie Blot, Clémence Gouigoux, Margot Soret

Date de l'intervention : 06/02/2025 - 28/06/2025

N° INP : Non attribué

Sommaire

Introduction.....	3
Note au lecteur.....	4
Conditions de réalisation du constat.....	4
Fiche d'identification.....	5
Étude historique.....	6
Description des modèles réduits.....	13
Description et étude moulin I.....	13
Description et étude moulin II.....	20
Valeurs culturelles associées.....	24
Constat d'état.....	25
Constat d'état moulin I :	25
Constat d'état moulin II :	27
Diagnostic.....	32
Diagnostic global.....	32
Diagnostic Moulin I.....	32
Diagnostic Moulin II.....	33
Impact sur les valeurs culturelles.....	34
Pronostic.....	34
Propositions d'interventions.....	35
Degré d'intervention 1.....	35
Degré d'intervention 2.....	35
Degré d'intervention 3.....	35
Degré d'intervention 4.....	35
Degré d'intervention 5.....	36
Choix des interventions :	36
Rapport d'intervention.....	37
Dépoussiérage.....	37
Gommage et nettoyage.....	37
Atténuation des blanchiments.....	37
Moulin I.....	38
Stabilisation de la roue.....	38
Fabrication des dents lacunaires de l'engrenage.....	39
Moulin II.....	40
Démontage de la roue.....	40
Nettoyage.....	41
Stabilisation du tenon.....	42
Réassemblage de la structure de la roue.....	42
Fabrication des éléments lacunaires.....	43
Remontage de la roue.....	44
Préconisations.....	47
Environnement.....	47

Manipulation et transport.....	47
Conditionnement.....	47
Annexes.....	48
Photographies d'ensemble avant interventions.....	48
Moulin I (avant interventions).....	48
Moulin II (avant interventions).....	51
Moulin I (après interventions).....	54
Moulin II (après interventions).....	57
Photographies des zones à surveiller.....	60
Emplacement des éléments restitués du moulin II.....	61
Glossaire.....	62
Matériel et produits utilisés.....	63
Matériel.....	63
Produits utilisés.....	63

Introduction

L'objet sur lequel porte ce rapport d'intervention et étude est un ensemble de deux modèles réduits de moulins à meules pour la trituration du soufre réunis sous le même numéro d'inventaire (2016.0.855 / P25 Rob) et provenant du Département Artillerie du Musée de l'Armée.

Note au lecteur

Les mots en bleu dans le texte sont définis dans le glossaire.

Sauf précision contraire, les photographies ont été réalisées par les élèves Lucie Blot, Clémence Gouigoux et Margot Soret.

Conditions de réalisation du constat

Date de l'examen	10/01/2025
Nom de l'examinateur	Lucie Blot, Margot Soret, Clémence Gouigoux
Matériel	Réglet, mètre, lampe, aimant, lampe UV
Conditionnement à l'arrivée	Conditionnés dans des boîtes en carton et calages en mousse polyuréthane
Remarque	Sachet zip contenant les éléments détachés

Fiche d'identification



Figure 1 Vue d'ensemble, arrière, moulin I



Figure 2 Vue d'ensemble, arrière, moulin II

Désignation de l'objet : Moulin à meules /
Modèle réduit de machine
Typologie : Modèle réduit de moulin à meules pour la trituration du soufre
Date : XVIIIe ou XIXe siècle (entre 1795 et 1889)
Auteur : inconnu
Lieu de création : Europe occidentale
Lieu de conservation : Musée de l'Armée, département Artillerie (Satory bat 24 0.03 S4 L1)
N° d'inventaire : 2016.0.855
Autre numéro :
Cote P25 ROB
Cote P381 PEN
3811 Saulcy
Matériaux : chêne, noyer, ébène, buis, métal ferreux et cuivreux, corde
Dimensions : 46 / 49 / 42 cm
Inscriptions : 2 étiquettes P25 ROB ; 3 inscriptions II, 2 inscriptions dans un ovale MUSEE DE L'ARTie
Numéro d'enregistrement INP :

Désignation de l'objet : Moulin à meules /
Modèle réduit de machine
Typologie : Modèle réduit de moulin à meules pour la trituration du soufre
Date : XVIIIe ou XIXe siècle (entre 1795 et 1889)
Auteur : inconnu
Lieu de création : Europe occidentale
Lieu de conservation : Musée de l'Armée, département Artillerie (Satory bat 24 0.03 S4 L1)
N° d'inventaire : 2016.0.855
Autre numéro :
Cote P25 ROB
Cote P381 PEN
3811 Saulcy
Matériaux : chêne, prunier (*Prunus SP.*), essence exotique, métal ferreux et cuivreux
Dimensions : 51,5 / 74,4 cm / 59,5 cm
Inscriptions : 2 étiquettes P25 ROB ; 3 inscriptions II, 2 inscriptions dans un ovale MUSEE DE L'ARTie
Numéro d'enregistrement INP :

Responsables juridiques et scientifiques de l'objet :

Lieutenant-Colonel Philippe Guyot (conservateur) : philippe.guyot@musee-armee.fr
Sophie Chauvois (régisseuse des collections) : sophie.chauvois@musee-armee.fr, 01 44 42 34 17

Étude historique



Figure 3 Poinçon du musée de l'artillerie

Le poinçon sur les maquettes “*MUSÉE DE L'ARTiE*” (fig.3) correspond à celui du musée de l'artillerie, qui a été fusionné avec l'ancien Musée de l'armée pour former le musée actuel, situé dans l'hôtel des Invalides. Ce musée contenait des Ateliers de précision, ouverts entre 1795 et 1905. Dans le catalogue du musée de l'artillerie de 1889, on note la présence, dans la partie *Machines, instruments pour la construction du tome 5*, d'un modèle réduit de moulin à meules pour la trituration du soufre de numéro d'inventaire P25¹ qui semble correspondre à l'objet étudié. On peut restreindre une première fois la date de fabrication de l'objet à la période entre 1795 et 1889.

L'étude historique de ces objets a été confiée à des élèves du département des conservateurs de l'INP. Nous remercions notamment Mathilde Berthier-Debeugny pour les recherches et pour la rédaction de la note historique ci-dessous, ainsi qu'Amaryl Dinh pour la section suivante.

¹ p.141 : P25 : Moulin à meules pour la trituration du soufre, dans la partie *Machines, instruments pour la construction du tome 5*, a priori devait être situé à ce moment dans la salle des petits modèles, au deuxième étage du musée de l'artillerie en 1889.

Mathilde BERTHIER-DEBEUGNY

Élève conservatrice territoriale du patrimoine – Musées

Décembre 2025

NOTE HISTORIQUE

Modèles réduits de moulins à meules en cuivre pour triturer le soufre

Musée de l'Armée – 2016.0.855

Introduction et principes méthodologiques

Les recherches menées entre février et juillet 2025 avaient pour objet d'essayer de retracer l'histoire des deux modèles réduits de moulins à triturer le soufre confiés par le musée de l'Armée au département des restaurateurs de l'Institut national du patrimoine. Elles ont accompagné l'étude et la restauration de ces objets par les élèves restauratrices, et se sont appuyées sur une bibliographie et un état des sources transmis par Christophe Pommier, conservateur adjoint chargé de collection au département Artillerie, qui avait mené le récolement des deux moulins en 2016.

Dans les anciens catalogues édités par le musée d'Artillerie (1862 et 1890), les deux objets portent la dénomination suivante : « Moulin à meules en cuivre, pour la trituration du soufre ». Dans la notice de 1837-1838, cette dénomination est complétée d'un « à Vonges », supprimé par la suite, indiquant que ces machines étaient utilisées, ou du type de celles utilisées, à la Poudrerie nationale de Vonges, située en Côte d'Or.

Après plusieurs séances de recherche dans des bibliothèques spécialisées, à savoir la Bibliothèque de l'Ecole Militaire et la Médiathèque du musée de l'Armée, ainsi qu'une visite du cabinet insolite du musée de l'Armée présentant de nombreux modèles d'artillerie des XVII^e, XVIII^e et XIX^e siècle, un premier bilan et essai de datation des modèles réduits a été possible. Une visite mi-avril 2025 à l'atelier de restauration de l'INP à Aubervilliers, où les deux modèles réduits avaient été acheminés, a permis de dresser un certain nombre d'observations par des élèves conservateurs spécialistes du patrimoine technique et industriel et du patrimoine militaire : une première hypothèse de resserrage chronologique autour du premier tiers du XIX^e siècle a alors été avancée. Il a d'ailleurs été mis en évidence que les mécanismes des maquettes permettaient une mise en mouvement des objets.

A l'issue des dernières recherches conduites début juillet 2025, il est possible d'envisager une datation probable des modèles réduits vers 1824-1830.

Bibliographie

MELINE Pierre et JACQUES Christine, *Trois siècles d'activité à la poudrerie de Vonges : 1691-1991*, Pontailler-sur-Saône, SNPE éditions, 1991.

PIQUE René, *La poudre noire et le service des poudres*, Paris, Editions de la SPC, 1927.

Synthèse historique

Le premier emploi de la poudre noire à des fins militaires remonte à 690 après J.-C., lors du siège de La Mecque. Au IX^e siècle, Marcus Graecus publie le *Liber ignium ad comburendos hostes*, un ouvrage consacré aux feux grégeois et à la poudre noire.

À la fin du XIII^e siècle, la poudre à canon apparaît en Europe occidentale : on l'emploie dans les bombardes lors du siège de places fortes, ou dans des batailles comme, par exemple, celle de Crécy (1346), où pour la première fois des canons sont utilisés en rase campagne. À la fin du XIV^e siècle, on distingue la poudre fine, utilisée pour l'amorce et la chasse, la menue grenée, réservée aux mousquets, et la grosse menée qui alimente les canons. Dès cette époque, le grenage de la poudre a toute son importance.

Les premiers moulins à poudre apparaissent en France dans les dernières années du XV^e siècle : il s'agissait de batteries de mortiers dont les pilons étaient mus par des roues hydrauliques ou des manèges de chevaux.

Une des premières recettes de poudre noire nous est donnée dans un traité de pyrotechnie du début du XVI^e siècle : « *Prenez Salpêtre 3 livres, Soufre 2 livres, Charbon 1 livre. Pilez les dites choses ensemble, et les arrousez d'eau de vie ou « eau ardent », ou de vinaigre, ou d'urine d'homme qui boive vin, et ferez bonne pouldre.* » Au cours du XVI^e siècle, la fabrication aux meules arrive en Europe, même si la France restera fidèle aux « martinets à poudre » (pilons et mortiers) jusqu'au début du XIX^e siècle.

Pour la fabrication de la poudre, deux mélanges sont privilégiés : le soufre-charbon et le salpêtre-charbon, tous les deux constitués par le broyage et le mélange intime des constituants. Ils sont ensuite soigneusement triturés, opération qui forme des galettes par compression. Celles-ci sont par la suite transformées en grains par le passage dans une tonne grenoir ou un grenoir à cylindres. Ils subissent alors un lissage suffisant pour durcir et polir leurs surfaces. L'opération consiste donc à pulvériser les constituants de base sous certaines conditions pour reconstituer des grains de poudres de tailles déterminées. Les grains deviennent durs, nets et brillants. Les poudres noires peuvent ainsi revêtir différents aspects : en grains, en farine, en petites billes ou bien en comprimés.

Les indices de poudres noires fabriquées se caractérisent par la nature des constituants, la composition du mélange, la durée de trituration et la granulométrie :

- Six = 75 % salpêtre
- As = 12,5 % soufre
- As = 12,5 % charbon de bois

Au XVII^e siècle, le contrôle de la poudre prend une direction plus scientifique. Tout au moins en Italie, on commence par essayer sa force en suivant la méthode de l'artificier

Furtenbach, qui consiste à la faire exploser dans un mortier dont le couvercle, attaché par un fil métallique, est soulevé par l'explosion et va se heurter à un bâton vertical sur lequel sont fixées des dents dénouées qui l'accrochent au passage. La plus grande hauteur obtenue est donnée par la meilleure poudre. Cette méthode est décrite dans le *Halinitro-Pyrobolia* publié en 1627. La poudre noire est alors constituée de 40 % de nitre, de 24 % de soufre et de 36 % de charbon.

Le XVII^e siècle est une période de contrôle de la fabrication de la poudre : on attribue la mauvaise qualité de la poudre à l'emploi de salpêtre contenant du sel et de la graisse de charbon provenant de saule et de bois blanc et surtout au manque de battage.

La poudrerie de Vonges est fondée en 1691, dans le cadre de l'important d'effort fourni par le royaume lors de la guerre de la Ligue d'Augsbourg. Louis XIV voulait assurer des ressources d'approvisionnement suffisantes en tout temps sans importations et accroître le nombre des établissements. Il organisa pour les Poudres et Salpêtres une Ferme Générale exerçant un monopole pour le compte du Roi.

Par un arrêt du Conseil du Roi de 1664, François Berthelot reçoit la faculté de faire bâtir les moulins et les magasins dont il aurait besoin aux lieux et sur les rivières et courants qu'il trouverait propres à cet effet. Son fils, Etienne Berthelot de Pleneuf, succède à la charge de son père comme intendant général des poudres de la Marine et Commissaire Général : il signe en 1691 à Dijon d'un bail louant l'emplacement du Moulin des Champs, finage de Vonges, pour une durée de neuf années. Sont ainsi établis sur l'emplacement concédé, entre autres, deux moulins à poudre (moulin de Sainte Barbe & moulin de Saint Etienne).

Au XVIII^e siècle, une série d'arrêts vont changer le régime du service des poudres :

- L'édit d'août 1703 supprime l'office de surintendant des poudres et salpêtres en le réunissant avec la charge de grand maître de l'artillerie. Les offices créés en 1582 sont remplacés par un conseiller du roi (commissaire général des poudres devant contrôler la qualité des poudres et salpêtres et surveiller les fabriques) et cinq conseillers inspecteurs de poudreries et magasins devant assister aux essais et épreuves des poudres et assurer la bonne marche du service.
- Turgot : il critique l'exploitation exclusive sur service des poudres par des baux passés avec des fermiers généraux ; le manque de salpêtre oblige de recourir à l'Inde et aux Hollandais (augmentation des prix). Il propose alors au roi de renoncer au fermage général des poudres et salpêtres et de créer à sa place une régie travaillant au compte du gouvernement (1775), nommant Jean-Baptiste Bergaud, bourgeois de Paris, pour assurer la recherche des salpêtres, la fabrication et la vente des poudres dans tout le royaume pour le compte du roi.

Bénéficiant de la proximité de la rivière La Bèze, à qui une résurgence donne une débit relativement important, une extension de la poudrerie de Vonges est faite en 1716.

En 1777, la mise en place des nitreries artificielles de Lavoisier a permis de produire artificiellement du salpêtre afin d'assurer l'approvisionnement des poudrières françaises en s'affranchissant des importations de « salpêtre exotique » (des Indes) et en supprimant le

ramassage du « salpêtre indigène » dans les locaux d'habitation par les salpétriers commissionnés exerçant leur très impopulaire « droit de fouille ». Cela a permis à la fois de quintupler la production de salpêtre français.

Le décret du 23 septembre 1791 de l'Assemblée nationale crée une régie des poudres exploitée pour le compte de la Nation, sous les ordres du ministère des Contributions publiques. Elle a sous sa supervision la fabrication et la vente des poudres, l'organisation de la régie des poudres et salpêtres, l'admission aux emplois et les règles d'avancement, le traitement des employés et la discipline générale du service.

En 1793 est créée une nouvelle administration qui prend le nom d' « Agence Révolutionnaire des Poudres et Salpêtres », indépendante de la Régie des Poudres qui elle devient « l'Agence Nationale des Poudres et Salpêtres ». A partir de 1795 commence la réorganisation du service des poudres :

- La loi du 13 fructidor an V crée le Monopole des Poudres pour l'État : il est défendu à qui que ce soit d'introduire aucune poudre étrangère dans la République, sous peine de confiscation de la poudre, des chevaux et voitures qui en seraient chargés et d'une amende de 10 francs par livre de poudre.
- En 1800, la Régie des Poudres & Salpêtres est mise dans les attributions du Ministère de la Guerre.

Une des grandes figures de la poudrerie de Vonges est Jacques-Pierre Champy (1744-1816). Il entre à 14 ans à la Ferme des Poudres, avant d'être nommé commissaire des Poudres adjoint à la raffinerie de salpêtre de Dijon et à la poudrerie de Vonges en 1774. Dès l'année suivante, il est nommé à la tête de la Régie Royale des Poudres et Salpêtres, et il prend la direction de Vonges. Il sera également directeur des Poudres entre 1801 et 1815. Il est également connu pour être l'inventeur de la poudre ronde (1796-1798). Il met au point en 1796 d'un procédé de granulation de la poudre noire à l'aide d'une tonne tournante permettant d'obtenir des grains sphériques. La granulation se fait dans une tonne en bois disposée en porte à faux au bout d'un arbre et munie d'une ouverture centrale dans le fond apposé à cet arbre pour permettre l'addition progressive du pulvérin et les arrosages périodiques d'eau pulvérisée. Pendant la rotation continue, les grains grossissent et acquièrent par les frottements une plus grande densité. En même temps, un maillet vient frapper la paroi de la tonne en ressautant sur des taquets extérieurs pour décoller la matière que l'humidité y fait adhérer. Les grains sont tamisés après chaque opération et les plus petits d'entre eux forment les « noyaux » des opérations suivantes. Cinquante tonnes de poudre ronde sont fabriquées à titre expérimental à la poudrerie d'Essonne : elle est reconnue bonne pour les canons bien qu'un peu moins puissante que la poudre classique (densité plus faible et inflammation plus lente). En 1798, le Directoire décide de ne pas adopter la poudre ronde pour les besoins militaires. Elle est fabriquée jusqu'en 1981 à Vonges pour les besoins civils (poudre de mine).

Toujours pendant la période révolutionnaire, les besoins exceptionnels de poudre qu'exige la défense de la patrie conduisent à l'invention par Carny du procédé des tonneaux (1794). La méthode traditionnelle induisait qu'après le battage des constituants humectés pendant 24h (avec une charge maximale de 20 livres par mortier), on procérait au concassage manuel des croûtes humides obtenues (ou « galettes »), le criblage au tamis et

enfin le séchage à l'air. La poudre ainsi obtenue était très régulière ; mais outre la longueur du procédé, le pilonnage exigeait un personnel très expérimenté. Par la réduction à 12h du temps de battage de la poudre dans les martinets, on pouvait doubler la capacité des poudreries. Le procédé des tonneaux consiste en la trituration directe des trois ingrédients dans une tonne garnie de gobilles en bronze, puis le galetage du poussier obtenu à la presse entre des plateaux empilés, le découpage en lamelles et le grenage dans un broyeur à rouleaux en bois cannelés. Le mélange binaire soufre-charbon et salpêtre-charbon se faisant à l'aide de meules à roues glissantes.

En 1811 est publiée la liste des raffineries et poudreries, parmi lesquelles Vonges est mentionnée comme possédant 3 moulins et 60 pilons.

Un décret impérial du 1^{er} mai 1815 instaure que les élèves de l'administration des poudres et salpêtres seraient pris exclusivement parmi les élèves de l'Ecole Polytechnique. Elle est complétée en 1818 par une ordonnance organisant le personnel du service des poudres :

- 4 poudreries et raffineries (Le Ripault, Colmar, Toulouse, Saint-Médard)
- 9 poudreries (Essonnes, Saint-Jean-d'Angély, Le Pont-de-Buis, Esquerdes, Saint-Ponce, Metz, Vonges, Saint-Chamas et Maromme)
- 8 raffineries (Paris, Besançon, Marseille, Avignon, Lyon, Dijon, Lille, Nancy)
- 3 entrepôts pour la réception du salpêtre (Châlons, Clermont-Ferand, Montpellier)

L'ordonnance du 25 juin 1823 instaure que les fabriques de poudre feront partie de la première classe des établissements insalubres et incommodes, dont la nomenclature était annexée à l'ordonnance du 14 janvier 1815.

Au début des années 1820, le commissaire des poudres Maguin visite les poudreries anglaises et, à la suite de ses observations, fait appliquer à la poudrerie du Bouchet un appareil de carbonisation par distillation et des meules de trituration. Dès 1824, ces meules permirent d'obtenir des poudres de chasse identiques aux poudres anglaises. Ces faits sont signalés dans un rapport rédigé par cinq membres parmi lesquels on trouve les noms de Chaptal, Thénard et Prouy.

Le XIX^e siècle est un siècle mouvementé pour la poudrerie de Vonges. Plusieurs explosions ont lieu au début du siècle, sans victimes. L'usine est reconstruite en 1809. Dans la nuit du 29 au 30 décembre 1839, l'incendie d'une maison voisine de l'enceinte se propage à la poudrerie. Cela conduit à un remaniement total de toute la poudrerie en 1840, avec notamment le creusement de deux nouveaux biefs de forme circulaire (l'un des hautes eaux, l'autre en canal de fuite). La rive droite du nouveau canal accueille les dépôts.

En 1841, une ordonnance du roi portant règlement d'eau règle le niveau du grand déversoir de l'ancien moulin de Vonges. La poudrerie carbonise elle-même le charbon de bois nécessaire à la fabrication de la poudre dans des fours à carbonisation. En 1865, la Poudrerie de Vonges est remise à l'Administration des Manufactures de l'État (le détachement militaire gardant la poudrerie est supprimé en 1868).

Occupée par les Allemands en 1870, la poudrerie est détruite : ils font sauter les usines en allumant les approvisionnements de soufre et en brûlant les archives. La fabrication de poudres de chasse avec galetage des poussiers à la presse hydraulique reprend à partir de juin 1871, et il en va de même pour la poudre de mine en août de la même année. D'importants travaux de reconstruction et de remise en état de la poudrerie se poursuivent les années suivantes, avec notamment une extension en vue de la fabrication de la dynamite (arrêté de 1872).

En 1892, la poudrerie de Vonges est menacée de fermeture en raison d'une décision de la Commission du budget de supprimer deux poudreries. Le Conseil Municipal obtient le maintien de la poudrerie, qui reste en activité jusqu'en 1981.

Conclusion et pistes de travail

A partir de toutes ces données historiques, il est donc possible d'envisager une datation des deux modèles réduits de moulins à triturer le soufre vers 1824-1830, car il semblerait que ces modèles soient des copies ou des reproductions d'un modèle anglais contemporain.

Il conviendrait d'approfondir ces recherches par un dépouillement du fonds relatif à la Poudrerie nationale de Vonges, conservé aux archives du Service historique de la Défense (site de Châtellerault) – cote AA/698/3/A/2/390/8-AA/698/3/A/2/391/2 –, afin de confirmer et peut-être d'affiner cette datation, et de compléter les connaissances techniques autour de ces objets.

Mathilde BERTHIER-DEBEUGNY

NOTE HISTORIQUE

Présentation de l'étude

Contexte de l'étude

L'étude a porté sur un ensemble de deux maquettes, conservé au Musée de l'Armée, sous le numéro d'inventaire 2016.0.855 et proposé en 2025 à la restauration aux élèves-restauratrices de l'Institut national du patrimoine, en spécialité mobilier.

Méthodologie

L'étude menée par les élèves conservateurs a eu pour objectif d'affiner l'historique de ces maquettes. Nous nous sommes attachés dans un premier temps à essayer de déterminer les auteurs de ces maquettes : usines ayant servi de modèle ou ayant elles-mêmes été commanditaires. Ensuite, nous avons tenté de confronter ces machines aux sources de l'histoire des techniques, afin de mieux comprendre quelles étapes de la production de la poudre noire elles représentaient.

Des maquettes de moulins à triturer les poudres

Présentation

La poudre noire, qui a constitué, jusqu'à la fin du 19e siècle, l'unique explosif utilisé par les hommes à des fins militaires ou civiles, était fabriquée par le mélange de trois composants : le soufre, le charbon de bois et le salpêtre. Les proportions de ces trois matériaux et la finesse de la poudre obtenue variaient en fonction de l'usage voulu : poudre de guerre, poudre de chasse, poudre de mine, poudre de feux d'artifices. Les temps de trituration, pour obtenir un mélange homogène, étaient également divers. Voici le tableau des proportions, indiqué dans la présentation du musée de la poudrerie de Sevran-Livry, en fonctionnement de 1873 à 1973.

Dosages	Salpêtre	Charbon	Soufre
Ancienne poudre de guerre	75	12,5	12,5
Poudre de guerre F3	75	15	15
Poudre de chasse	78	12	10
Poudre de mine ordinaire	62	18	20

Historique

Les maquettes du musée de l'Armée semblent dater du 19e siècle, peut-être même du 18e siècle-limite 19e siècle. Le tableau suivant donne un recensement des poudreries alors en activité et qui auraient pu servir de modèle aux maquettes.

Nom	Date début	Date fin
Poudrerie de Toulouse	1651	-
Poudrerie de Saint-Médard-en-Jalles	1660	-
Poudrerie d'Esquerdes	1686	1971
Poudrerie de Pont-de-Buis	1688	-
Poudrerie	1690	1974
Poudrerie	1691	-
Laboratoire de l'Arsenal de Paris et Dépôt Central des poudres et salpêtres	1775	-
Poudrerie du Ripault	1786	1960
Poudrerie de Grenelle	1794	1794
Poudrerie d'Essonnes	17e siècle	1820
Poudrerie de Maromme	17e siècle	1835
Poudrerie d'Angoulême	1819	2004
Centre de Recherches du Bouchet (Essonne)	1820	-
Poudrerie Philippe Auguste	1868	1871
Poudrerie de Sevran-Livry	1873	1973
Poudrerie du Moulin Blanc	1877	1940
Laboratoire central des Poudres	1880	1970
Laboratoire de CSE de Sevran	1886	1973

Dans cette liste, on peut exclure d'emblée la poudrerie de Sevran-Livry, seule poudrerie de France non construite à proximité d'un cours d'eau, et qui utilisait l'énergie d'une machine à vapeur, placée au centre du site, pour sa production. À Saint-Chamas, l'énergie hydraulique

était fournie par des roues verticales, alimentées par en-dessus. Or les maquettes du musée de l'Armée présentent des roues hydrauliques alimentées par en-dessous. À Toulouse, un canal alimentait en eau de la Garonne, douze turbines « Fontaine », mises au point en 1836. Les roues des turbines étaient placées à l'horizontale (sur un arbre vertical) et recevaient l'arrivée d'eau. Il semblerait que la poudrerie d'Angoulême possédait un mécanisme similaire (cf dossier d'inventaire

https://www.patrimoine-nouvelle-aquitaine.fr/Default/doc/Dossier/06a6732f-beb6-46d4-ac2e-c4a0bffa8739/usine-de-production-de-poudre-et-de-propulseurs-a-poudre-dite-ste-nationale-des-poudres-et-explosifs?_lg=en-US). À moins que le mécanisme ait été simplifié à l'extrême pour la représentation des maquettes, il semblerait qu'on puisse également mettre de côté ces deux usines pour l'étude.



Atelier de fabrication de la poudre noire : transmission de la turbine (Angoulême), vue en 1990. ©Deneyer Marc, Région Poitou-Charentes, Inventaire du patrimoine culturel



*Atelier de fabrication de la poudre noire : les meules (Angoulême), vue en 1990.
©Deneyer Marc, Région Poitou-Charentes, Inventaire du patrimoine culturel*

Une étude plus approfondie mériteraient d'être menée, à partir notamment des archives de l'Administration centrale : Inspection générale des poudres (1823-1975), conservées à Châtellerault. La section « École des poudres » pourrait être particulièrement intéressante, d'autant plus que ces maquettes avaient peut-être une visée pédagogique. D'après l'inventaire, parmi les poudreries précédemment citées, celles de Sevran-Livry, Vonges, Saint-Médard-en-Jalles, du Ripault et de Toulouse possédaient une section dédiée à l'enseignement : elles pourraient donc être les commanditaires de ces maquettes.

Description des machines présentes dans les moulins à poudre

Les étapes de fabrication de la poudre

Les trois matériaux utilisés pour fabriquer la poudre noire subissaient séparément différents traitements comme le concassage, le tamisage et le raffinage. Des pesées régulières étaient effectuées entre chaque étape, afin d'avoir le bon dosage. Ensuite, les matières premières, isolées ou mélangées, subissent la trituration, broyage par friction combinant un mouvement de frottement et de forte pression, afin d'obtenir un mélange pulvérulent. Le Guide pratique

de la fabrication des poudres et salpêtres du major Steerk distingue trois machines utilisées pour la trituration :

- les pilons,
- les meules,
- les tonnes et gobilles.

Par mesure de sécurité, on procédait d'abord au broyage et à la trituration des mélanges binaires, {charbon et soufre} ou {charbon et salpêtre} dans des tonnes, dans lesquelles on introduisait des gobilles. À la fin de la trituration, le mélange est tamisé pour retirer les gobilles. Les deux mélanges binaires sont alors réunis pour former un mélange ternaire, également trituré, cette fois sous des meules roulantes dont le poids assure la finesse des grains, ou travaillé à la main. Les préparations sont régulièrement humidifiées. Les grains sont formés par compression, soit par des pilons, des meules légères ou pesantes, des presses hydrauliques ou par laminoir. Ils sont ensuite triés par grosseur après le grenage et le tamisage. Les poudres de chasse sont lissées par frottement mutuel des grains les uns contre les autres, ce qui leur donne un aspect lustré. Après séchage, au soleil ou dans des sécheries artificielles, la poudre peut être embarillée et soumise à l'épreuve.

Maquette de moulin à poudre à meules tournantes

D'après les planches présentées dans L'Encyclopédie de Diderot, dans le chapitre de minéralogie sur la fabrication des poudres, une des maquettes du musée de l'Armée représente clairement un moulin à poudre à meules tournantes (cf Annexes, planches VI à X). On retrouve ce modèle décrit dans l'ouvrage du major Steerk (p. 281).

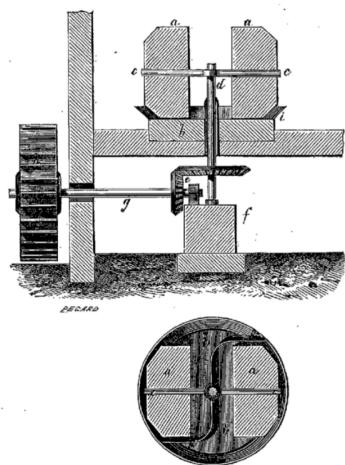


Fig. 40 et 41.

« Deux meules verticales (a), en marbre dur, cuivre ou fonte de fer, pesant 6000 kilogrammes, tournent sur un bassin (b) en marbre, cuivre ou fonte. (...) Une tourte en bois (i) retient la matière sur le bassin, deux herses en cuivre la ramènent sous les meules, et deux grattrives (k) nettoient celles-ci. Un arrosoir, fixé sur l'arbre (d'), permet à l'ouvrier de distribuer sur la matière l'eau d'arrosage nécessaire. »

Les meules effectuent dix tours par minute : la trituration dure quatre à cinq heures selon la finesse de poudre voulue. Après trituration, le mélange se présente sous forme de galette dure, qui doit être concassée. Les meules en fonte de fer sont reliées à l'arbre vertical d' entraînement par un système de suspension permettant d'éviter le contact avec l'auge ou bassin métallique. Cette distance de quelques millimètres permet d'éviter les chocs génératrices d'étincelles, sources d'explosions.



Moulins à triturer les poudres à meules tournantes, présentés au musée de la poudrerie de Sevran-Livry, avril 2025. © Dinh Amaryl

Maquette de moulin à poudre à tonnes

La seconde maquette semble plutôt représenter un moulin permettant le broyage (entre deux meules horizontales), et le traitement de la poudre dans des tonnes, cylindres en fonte ou en bois et cuir, disposés sur un arbre horizontal. D'après le major Steerk, les tonnes de trituration destinées à la trituration binaire du charbon et du soufre sont montées deux à deux sur un arbre horizontal mû par une roue hydraulique.

Pour la poudre de mine, elles peuvent être en bois ou en tôle forte et mesurent 1,20 m de longueur pour 1,44 m de diamètre. Le charbon seul est d'abord introduit et triturer pendant trois heures, avec une vitesse de rotation de vingt-cinq tours par minute. La tonne est ensuite arrêtée et le soufre est ajouté, sous forme de grumes : la trituration du mélange charbon et soufre reprend alors pour quatre heures, avec une vitesse de vingt-cinq tours par minute. La matière est ensuite versée sur un tamis permettant de séparer les gobilles et transportée au mélangeoir. Les tonnes où sont réunis le mélange binaire (charbon et soufre) et le salpêtre sont composées d'un châssis en bois recouvert de cuir épais. Elles mesurent 1,20 m de longueur sur 1,32 m de diamètre. L'intérieur est muni de liteaux saillants ou ressautoirs. Chaque tonne est divisée en deux compartiments égaux par une cloison et est montée sur un arbre horizontal mis en mouvement par une roue hydraulique. La tonne utilisée pour arrondir les grains est en bois et mesure 1,40 m de diamètre et 0,60 m de longueur. Elle est munie d'une petite porte placée au milieu par laquelle on introduit le grain formé ou noyau. Au centre d'une paroi verticale, une ouverture circulaire de 0,55 m de diamètre permet de faire entrer le poussier (mélange pulvérulent) et de l'eau. Le poussier adhère au noyau, légèrement humide pour former un grain rond. La tonne est munie sur l'extérieur de liteaux en bois dont la saillie soulève un marteau en bois qui frappe constamment sur la tonne en rotation, afin d'éviter que la matière n'adhère aux parois. Pour la poudre de chasse, les tonnes de trituration sont composées d'un châssis de bois

recouvert d'une enveloppe de cuir épais. Elles sont garnies intérieurement de liteaux en bois très dur. Elles mesurent 1,30 m de diamètre et leur vitesse de rotation est de trente tours par minute. Les mélanges binaires sont triturés pendant six heures, avant que le mélange ternaire ne soit mélangé à la main, ce qui peut parfois produire un résultat incertain. Après le battage et l'essorage, les poudres de chasse sont lissées. La tonne de lissage, montée sur un arbre horizontal, mû par une roue hydraulique, mesure 1 m de diamètre et 2,5 m de longueur. Le plus souvent, une même usine contient deux tonnes de lissage, montées chacune sur leur arbre, mais mues à l'aide de courroies ou d'engrenages par une même roue hydraulique. Le lissage demande un certain savoir-faire et de l'habileté du maître poudrier.

En conclusion, cette maquette pourrait représenter un moulin à poudre muni d'une tonne de trituration binaire et de meules, probablement de broyage, horizontales. Néanmoins, la disposition des barillets peut évoquer celle de tonnes de lissage (cf Annexes, planches XV à XVII), ils seraient donc exclusivement réservés à la production de poudre de chasse.



Maquette d'une tonne de trituration. © Musée de la poudrerie de Sevran-Livry La tonne de trituration est entourée d'un châssis muni d'une toile métallique et d'un tamis pour trier le mélange après trituration.

Description des modèles réduits

Description et étude moulin I

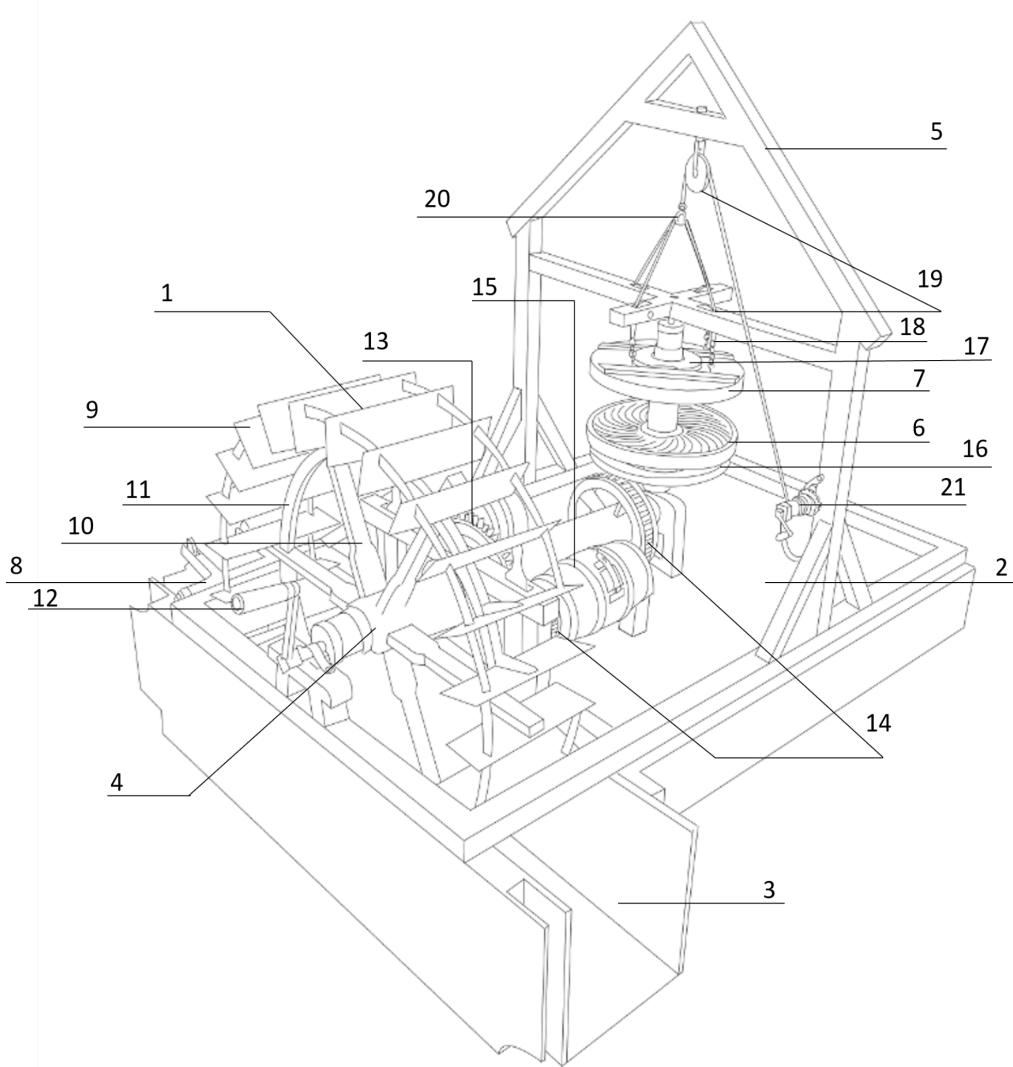


Figure 4 Schéma moulin I

1. Roue à aubes	2. Panneau de la partie droite	3. Bief
4. Arbre principal	5. Ferme	6. Meule tournante
7. Meule gisante	8. Vanne de régulation	9. Aubes
10. Rayons	11. Jante	12. Poignée de la manivelle
13. Engrenage	14. Tourtes	15. Tonneau
16. Rouet horizontal	17. Poids en plomb	18. Chaînette
19. Poulires	20. Elément métallique	21. Manivelle

L'objet de cette description est un modèle réduit d'un moulin à meules pour la trituration du soufre appartenant à une paire. La maquette du moulin I mesure 46 cm de hauteur, 49 cm de longueur et 42 cm de profondeur. Elle se divise en deux parties. Dans les descriptions suivantes, nous détaillerons la maquette de la gauche vers la droite, la partie gauche étant celle où se situe la roue à aubes. Le modèle réduit se compose d'une roue à aubes dont le tiers de la hauteur est situé en dessous du panneau principal. Le panneau représente le niveau du sol et la partie gauche représente le **bief** (fig. 4 (3)) dans lequel plonge la roue, c'est-à-dire le canal qui permet de réguler le flux d'eau.



Figure 5 Vue d'ensemble, face, moulin I

La roue est liée à un arbre principal lui-même lié aux autres éléments du mécanisme, qui rejoint la partie où se situent les meules. Elles sont maintenues sur un élément de charpente nommé **ferme** (fig.4 (7)) situé au milieu du panneau principal. Le panneau, ainsi que les **plinthes** qui le maintiennent sont réalisés en chêne, et le reste des éléments plus fins est réalisé en noyer. On retrouve également d'autres essences de bois et d'autres matériaux que nous détaillerons plus loin.

Nous allons maintenant décrire chacun de ces éléments plus en détail, toujours en suivant le sens de fonctionnement du mécanisme. Le **bief** en partie gauche mesure 11,5 cm de hauteur et se compose de deux traverses latérales qui entourent la roue et sont reliées par un panneau en partie inférieure. A l'arrière de ce **bief** se trouve une **vanne** mobile (fig. 6) qui, dans la réalité, permet de réguler le flux d'eau entraînant le mouvement de la roue, selon la puissance voulue.



Figure 6 Vanne mobile

La roue à aubes est donc une roue “**par-dessous**”, puisqu’elle est mue par une eau courante qui l’entraîne en passant par-dessous la roue. Elle mesure 27 cm de diamètre et possède 24 aubes. Elle est centrée autour de l’arbre principal, d'où partent 6 rayons qui mènent à la jante principale sur laquelle sont fixées les aubes. Les aubes sont reliées entre elles par deux jantes plus fines et un support les raccorde à la jante principale. Sur le côté gauche, l’arbre principal se termine par une manivelle en métal ferreux stabilisée par un élément en métal cuivreux vissé dans un support en noyer, dont la poignée est tourné dans un bois noir apparenté à de l’ebène (fig. 8).



Figure 7 Vue d'ensemble, côté gauche, moulin I



Figure 8 Manivelle de la roue

La partie droite se compose d'un panneau maintenu par des [plinthes](#) de 5 cm de hauteur, en chêne, qui sont assemblées à [queues d'aronde](#). Elle est maintenue sur l'extrémité droite par un pied en trapèze. Elle se situe à un tiers de la hauteur de la roue à droite du [brief](#) et accueille les différents éléments du mécanisme que nous allons maintenant évoquer.

L'arbre principal mesure 2.5 cm de diamètre et son extrémité est placé sur un support ajouré en noyer au niveau de la [ferme](#). A droite de la roue, il passe sous une traverse supportée par deux montants latéraux, puis est entouré d'un engrenage dont les dents permettent d'entraîner les deux [tourtes](#) latérales (fig. 9), dont les [fuseaux](#) sont en buis. Ces dernières peuvent être débrayées par les manettes en noyer insérées dans la traverse décrite plus haut, afin de les empêcher de tourner sans avoir à arrêter la totalité du mécanisme. Elles sont chacune associées à un tonneau (fig. 9) maintenu par un cerclage en métal ferreux. Au centre de ces tonneaux, on retrouve des petites trappes articulées par une charnière et fermées par à un loquet, pour récupérer le contenu des tonneaux. Les tonneaux pourraient permettre de broyer ensuite les matériaux plus finement que sous les meules. Ils sont ensuite maintenus à droite par une mâchoire en métal cuivreux vissée sur un montant.



Figure 9 Arbre principal, engrenage, tourtes et tonneau

La **ferme** (fig. 10) est un élément de charpente composé de deux montants soutenus chacun par deux jambes de forces liées aux **plinthes** du panneau de droite. Les montants sont reliés par un premier **entrait**, puis se poursuivent par deux **chevrons** à 45° qui se rejoignent au sommet de la ferme, au niveau duquel on trouve un **faux-entrait**. Les différents éléments sont assemblés par des **tenon-mortaise chevillés** (fig. 11). Cette **ferme** permet de maintenir la seconde moitié du mécanisme, comme nous allons le décrire à présent.

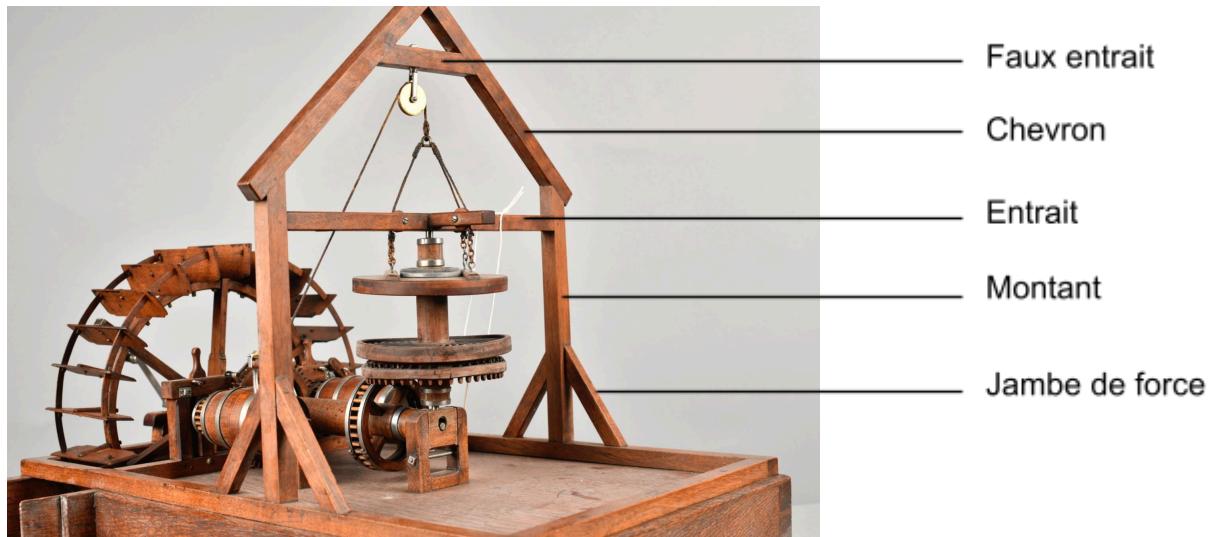


Figure 10 Ferme soutenant les meules



Figure 11 Assemblages tenon-mortaise chevillés

La **tourte** qui termine l'arbre principal mesure 8 cm de diamètre et possède également des **fuseaux** en buis. Elle permet d'entraîner un **rouet** horizontal, dont les **alluchons** sont démontables grâce à de petites clés. Ce dernier est surmonté par une meule à sillons en bois noirci (fig. 12) dite “tournante”, qui est entraînée par l'axe du **rouet**. L'axe est ensuite lié à une seconde meule, dont les sillons tournent dans le sens opposé, dite “gisante”, qui ne suit pas le mouvement.



Figure 12 Sillons meule tournante

Elle est surmontée d'un élément en plomb dont la fonction était sans doute d'ajouter du poids. Elle est maintenue en suspension grâce à quatre chaînes, avec trois maillons en métal cuivreux liés à la meule par un crochet en métal ferreux, qui se poursuivent par des cordelettes (fig. 13). L'axe des meules se termine par un élément en métal ferreux lié à l'**entrant** de la **ferme**, à l'endroit où celui-ci est assemblé à **mi-bois** à une traverse perpendiculaire. Ces deux traverses comportent, de chaque côté de l'assemblage, des rainures en **demi-rond** qui accueillent des poulies en buis autour desquelles s'enroulent les cordelettes de maintien de la meule supérieure (fig. 14). Les quatre cordelettes se rejoignent ensuite autour d'un élément métallique. Cet élément est lui-même maintenu en suspension

par une cinquième cordelette qui passe par une poulie en métal cuivreux associée au **faux-entrant de la ferme**. La cordelette redescend ensuite s'enrouler à l'avant autour d'une manivelle liée au montant de la ferme. Cette manivelle à **rochet** (fig. 15) est composée de bois autour d'un axe en métal et se termine par une petite poignée tournée en bois similaire à celui de la poignée de la roue décrite plus haut.



Figure 13 Axe des meules gisante et tournante



Figure 14 Manivelle à rochet



Figure 15 Système d'accroche par poulies

Description et étude moulin II

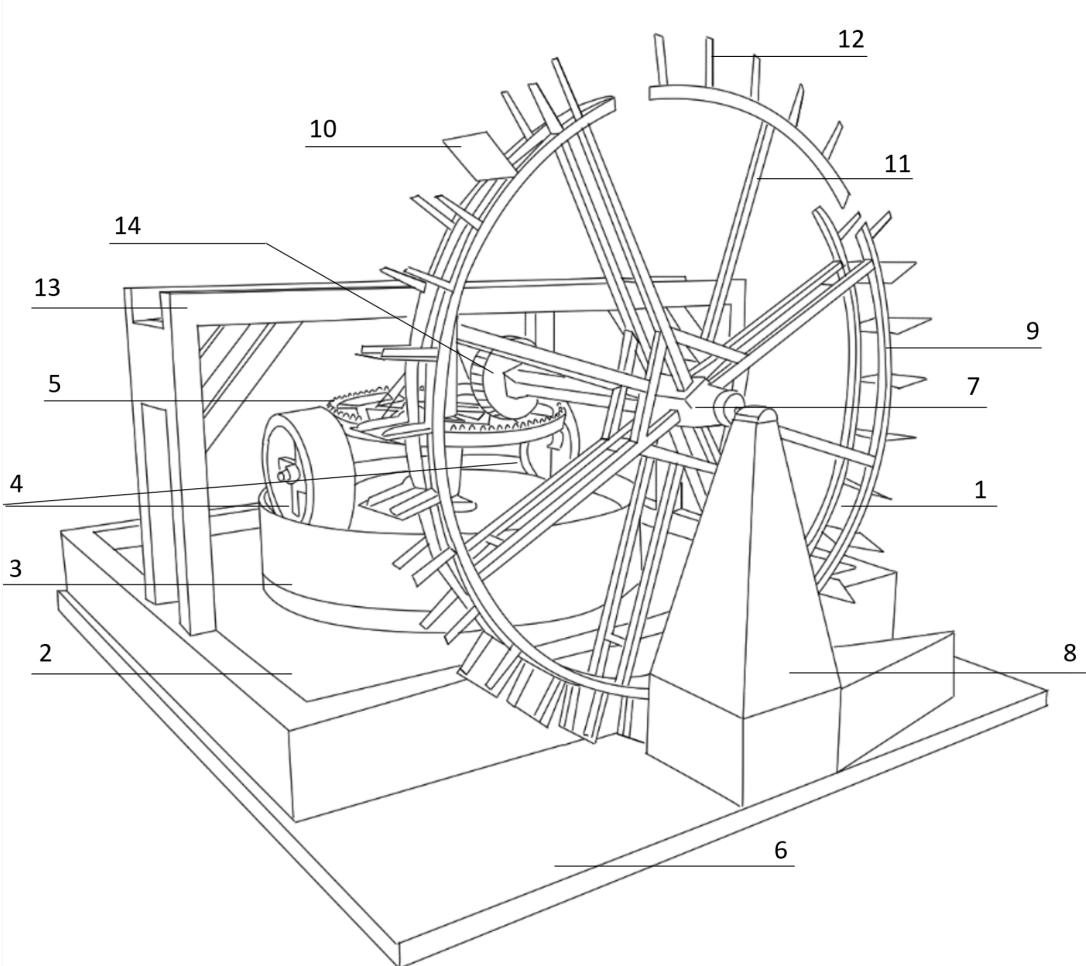


Figure 16 Schéma moulin II

1. Roue à aubes	2. Socle	3. Auge
4. Meules	5. Rouet	6. Panneau de support
7. Arbre principal	8. Pyramide à base carrée	9. Jante
10. Aubes/pales	11. Rayons	12. Supports d'aubes
13. Pont	14. Tourte	

L'objet étudié est le second modèle réduit de la paire de moulins à meules pour la trituration du soufre. La maquette du moulin II mesure 51.5 cm de hauteur, 74.4 cm de largeur et 59.5 cm de profondeur. On peut le diviser en deux parties principales : la roue à aubes sur la gauche, d'où part l'arbre principal, et, sur le socle de 4 cm de hauteur, l'[auge](#) qui accueille les deux meules fixées sur le [rouet](#). Nous décrirons le modèle réduit de la gauche vers la droite, en considérant, comme dans la première description, que la partie gauche est celle où se

situe la roue à aubes. Le panneau de support et le socle sont en chêne et les éléments de détail du mécanisme sont dans un bois de *Prunus sp.* En plus des éléments en bois, on observe également la présence d'éléments en métal cuivreux et en métal ferreux.

L'arbre principal est fixé par un élément métallique au sommet d'une pyramide à base carrée (fig. 17 a) de 25.5 cm de hauteur. Son socle (fig. 17 b), de 6.2 cm de hauteur, se poursuit vers l'avant par un élément triangulaire (fig. 17 c). On remarque la présence d'un crochet sur l'arrière de la base, qui a pu servir à placer un élément permettant d'arrêter le mouvement de la roue.

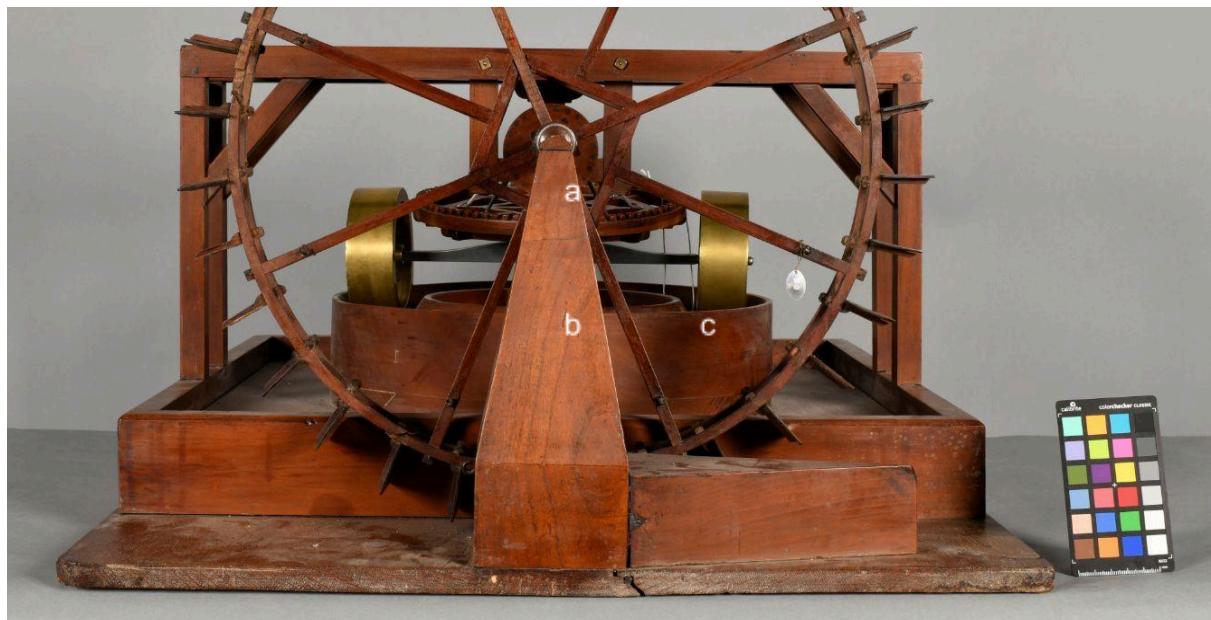


Figure 17 Pyramide à base carrée supportant l'arbre

La roue à aubes, d'un diamètre de 43 cm (en excluant les aubes) se compose de deux jantes circulaires reliées à l'arbre principal par 8 rayons. Les 32 aubes permettent de relier ces deux jantes entre-elles. Les aubes sont maintenues aux jantes par deux supports de 3 cm de long, qui traversent la jante et sont démontables grâce à de petites clés (fig. 19). On remarque que 11 aubes, deux rayons et 12 supports sont dans une essence différente, potentiellement un bois exotique à grain plus grossier que le *Prunus sp.* (fig. 20 droite).



Figure 18 Support d'aube fixé par une clé



Figure 19 Aubes en *Prunus sp.* (gauche) et en bois exotique (droite)

L'axe de la roue est carré et mesure au maximum 2.5 cm de côté, pour une longueur totale de 25 cm. Ses extrémités sont constituées d'une tige métallique ferreuse, qui se rattache à droite sur la structure en forme de pont qui maintient le **rouet**. L'extrémité droite de l'axe accueille la **tourte** (fig. 21), qui permet d'entraîner le **rouet** selon le mouvement de la roue à aubes. Cette **tourte** est composée de deux éléments circulaires liés entre eux par des **fuseaux**.

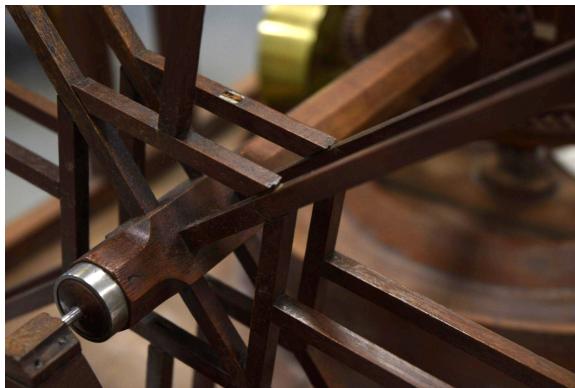


Figure 20 Arbre principal et centre de la roue à aubes



Figure 21 Tourte entraînant le rouet

La partie droite est placée sur un socle carré de 58.5 cm de côté, constitué de 4 plinthes assemblées à **coupe d'onglets**. La **plinthe** droite est entaillée au centre sur 14 cm de long, jusqu'à arriver à la hauteur du panneau de la partie droite, ce qui correspond dans la réalité à l'entrée du moulin.

Au centre de la partie droite se trouve l'**auge** : un cylindre de 35.5 cm de diamètre par 8.2 cm de hauteur, dont les parois sont biseautées. Un deuxième cercle de 25 cm de diamètre, dont les parois sont également biseautées, est placé au centre du cylindre. Les deux meules peuvent rouler entre ces deux bordures (fig. 22).

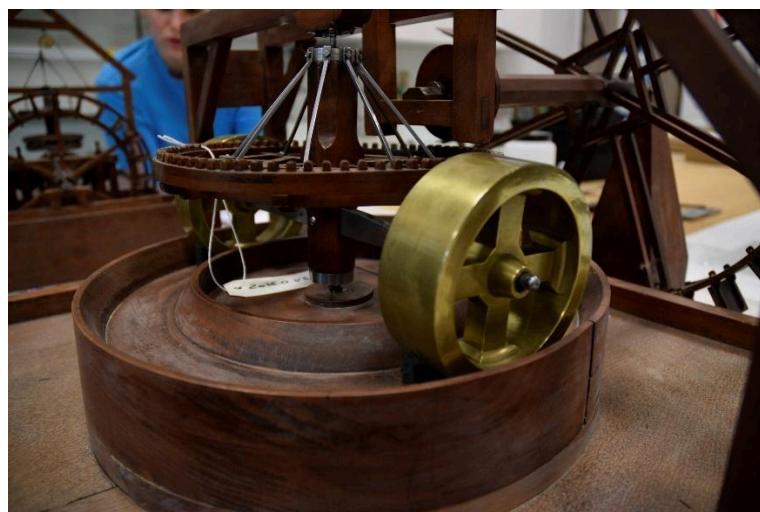


Figure 22 Auge accueillant les meules liées au rouet

Les meules mesurent 4 cm de largeur, ce qui correspond à l'écart entre les deux cercles, pour un diamètre de 11 cm et elles sont constituées d'un métal cuivreux. Elles sont fixées sur une barre métallique qui traverse l'axe du rouet. L'axe du [rouet](#) pivote librement, la partie basse se loge dans un emplacement et la partie haute est maintenue sur la traverse supérieure droite du pont. Le [rouet](#), de 25 cm de diamètre, se compose d'une jante liée à l'axe par huit rayons. Les [alluchons](#) sont fixés sur la jante et sont entraînés par les [fuseaux](#) de la [tourte](#). La jante se rattache également à l'axe en partie haute par 8 tiges métalliques. Le pont se compose, quant-à-lui, de 4 montants de 25 cm de hauteur, liés entre eux par deux traverses fixées par des tenons dans la profondeur et deux traverses [chevillées](#) dans la longueur. La traverse droite maintient l'axe du [rouet](#) et celle de gauche l'axe de la [tourte](#).

Valeurs culturelles associées

Définir les valeurs culturelles qui sont associées à un objet permet de définir au mieux les objectifs des interventions de conservation-restauration à appliquer. Dans notre cas, les valeurs associées peuvent être les suivantes, bien que cette catégorisation puisse changer suite à l'entretien avec le responsable juridique de l'objet:

- **Valeur historique d'illustration**, aussi nommée valeur pédagogique : Il s'agit de la valeur d'un objet qui permet d'expliquer un phénomène, un fonctionnement... Dans notre cas, les modèles réduits permettent de présenter le fonctionnement des moulins à meules pour la trituration du soufre et nous offre également des informations sur la fabrication de la poudre noire
- **Valeur historique d'association** : Il s'agit de la valeur d'un objet qui est associé à une personne, un événement ou un lieu. Dans notre cas, les objets sont reliés aux ateliers de précision du Musée de l'artillerie où ils ont très certainement été fabriqués.
- **Valeur d'usage** : il s'agit de la fonction de l'objet, qu'elle soit celle d'origine, où celle qui lui est attribuée actuellement. Dans notre cas, les modèles réduits sont des objets pédagogiques, donc à fonction explicative.
- **Valeur de recherche** : Cette valeur est très liée dans notre cas à la valeur historique d'illustration, puisqu'il s'agit d'objets qui sont une source d'informations sur la fabrication des moulins et de la poudre noire.
- **Valeur esthétique** : Il s'agit de la relation esthétique qui se crée entre l'objet et son spectateur, elle peut apparaître pour la plupart des objets, et dans notre cas, le soin du détail qui a été apporté à ces objets met en avant cette valeur.

Constat d'état

Constat d'état moulin I :

Le premier modèle réduit présente assez peu d'altérations structurelles. On trouve une fente assez importante dans la longueur du panneau de la partie droite, à l'avant, dans le sens du fil, ainsi que deux fentes plus réduites sous les deux montants de la **ferme** (fig. 24), qui traversent la bordure. Une autre fente est visible sur la poignée de la manivelle de la roue et une sur l'axe de la manivelle qui lie la corde à la poulie. On remarque que les deux meules, gisante et tournante, sont légèrement déformées (fig. 24).

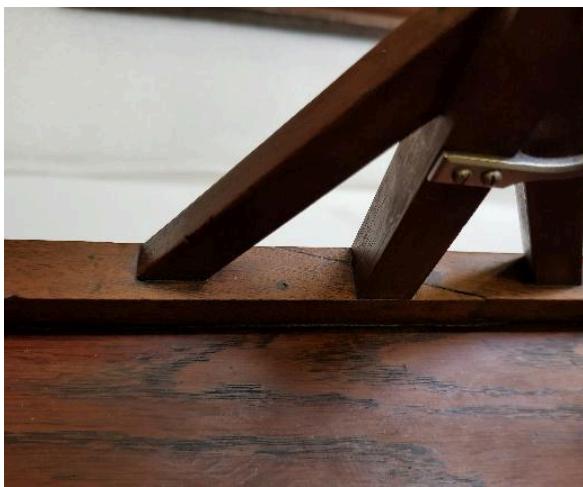


Figure 23 Fente partant du montant et fente du panneau



Figure 24 Déformation des meules

On observe quelques éléments lacunaires, notamment des parties des jantes (fig. 26), quelques dents de l'engrenage lié aux **tourtes** des tonneaux et deux angles sur le panneau du côté gauche (fig. 25). On remarque également quelques orifices circulaires (fig. 27) sur l'arrière du support, principalement dans la bordure en noyer.



Figure 25 Angle lacunaire du panneau de gauche



Figure 26 Portions de jantes lacunaires



Figure 27 Orifices circulaires sur la bordure du support

Concernant la surface, on peut constater un encrassement et un empoussièvement global sur l'ensemble de la maquette. Des dépôts exogènes de différentes natures, de nombreuses rayures de profondeurs variées et des blanchiments sont visibles. Les rayures les plus profondes sont situées sur les côtés. On en retrouve quelques-unes plus superficielles sur le dessus du support. On constate également quelques enfoncements sur les côtés du **bief**. Concernant les dépôts exogènes, on observe notamment de petites taches noires sur les chants des côtés du support et sur les aubes du moulin. Des blanchiments sont visibles principalement sur la [vanne](#) (fig. 28), ainsi que sur son mécanisme d'ouverture. Les cordelettes sont également encrassées et noircies.



Figure 28 Vanne mobile

Constat d'état moulin II :

La seconde maquette présente davantage d'altérations structurelles. Le panneau de support, ainsi que celui du socle sont tous deux constitués de deux panneaux, et on remarque que le joint de collage de ces panneaux s'est ouvert dans les deux cas (fig. 29). L'*auge* est fendue sur toute sa largeur (fig. 30) et elle est légèrement décollée du socle. L'axe métallique du *rouet* est légèrement sorti de son emplacement en partie basse (fig.31). On remarque aussi que l'écrou de la vis qui permet de maintenir l'élément de soutien de l'arbre principal est légèrement desserré.



Figure 29 Ouverture du joint des panneaux du socle



Figure 30 Vue d'ensemble, dessus, moulin II



Figure 31 Axe métallique sorti de son emplacement

Une partie de la structure de la roue, 11 aubes et 2 supports d'aubes sont détachés (fig.33) et conservés à part, tandis que plusieurs parties des jantes (fig. 32), 2 aubes et 2 supports d'aube sont lacunaires. On remarque également que certains assemblages de la roue à aubes sont légèrement ouverts.



Figure 32 Partie de la jante lacunaire



Figure 33 Eléments détachés

L'angle arrière gauche du panneau est partiellement lacunaire. C'est aussi le cas de l'extrémité arrière de la traverse droite du pont, qui laisse apparaître le tenon du montant (fig. 34), et qui présente une fente passant par la **cheville**. On observe également une cassure sur la jante, qui n'entraîne pas de perte d'élément (fig. 35).



Figure 34 Extrémité de la traverse droite partiellement lacunaire et fente



Figure 35 Cassure des jantes sans perte d'éléments

En ce qui concerne la surface de l'objet, elle présente un encrassement ainsi qu'un empoussièvement léger sur l'ensemble de la maquette. On peut voir diverses taches : coulures brunes, coulures blanches, taches blanches (fig. 36-37). Des rayures et enfoncements sont présents sur l'ensemble de l'objet, dont une partie sont noircis. On trouve également des résidus fibreux sur les [alluchons](#), l'axe du [rouet](#) et sur les supports de certaines aubes. Des taches noires et une rayure noire sont aussi présentes sur l'axe des meules.



Figure 36 Tache blanchâtre (avant-droit)



Figure 37 Petites taches blanches, côté droit

Diagnostic

Diagnostic global

Ces deux objets font partie d'un ensemble, on peut alors supposer qu'ils ont été stockés dans les mêmes conditions et ont subi les mêmes types de dégradations. Dans le diagnostic, nous commencerons donc par déterminer les causes possibles des altérations présentes sur les deux maquettes.

L'encrassement et l'empoussièvement sont sans doute la conséquence des conditions de stockage des maquettes, par exemple si elles ont été conservées sans protection et n'ont pas été dépoussiérées régulièrement. Les éléments lacunaires ont sans doute été perdus, lors d'une manipulation ou d'un transport des objets. Les rayures et enfoncements sont très probablement dus à l'usure, à la manipulation, ou encore au transport des objets. Les taches blanchâtres peuvent être la réaction de la finition à un produit d'entretien utilisé sur les surfaces. La projection d'un solvant, ou d'un liquide, peut également être prise en compte dans l'apparition de ces taches qui seraient donc accidentelles lors d'un nettoyage ou d'une intervention sur un objet proche, voire d'un dégât des eaux. Les zones plus claires sont potentiellement dues à une fragilisation de la finition, causée par l'exposition aux UV, à de l'humidité ou à de la chaleur.

Diagnostic Moulin I

Les deux fentes sous les montants du pont ont des caractéristiques identiques, elles sont peut-être la conséquence de l'assemblage à [tenon-mortaise](#). Ces mortaises créent des fragilités dans cette zone. Le bois étant [hygroscopique](#), il peut absorber ou désorber de l'eau pour se mettre à l'équilibre avec son environnement. Nous pouvons supposer que les fentes du panneau de socle et de la poignée de la manivelle se sont créées pour les mêmes raisons. La déformation des meules est sans doute également due au retrait du bois. Les quelques lacunes des jantes et dents d'engrenage sont soit dues à l'utilisation de la maquette, soit dues à un choc ou à un accrochage accidentel suite à une manipulation.

Les petits orifices circulaires correspondent sans doute à des trous d'envol d'insectes xylophages, le noyer est le seul bois touché car il est plus susceptible d'être infesté que le chêne.

Il est probable que les blanchiments, très prononcés sur la trappe, proviennent d'une réaction de la protection de surface à un environnement humide, voire à un contact direct avec de l'eau. L'encrassement des cordes pourrait être dû à un produit d'entretien ou à leur manipulation pendant des démonstrations de fonctionnement, par exemple.

Diagnostic Moulin II

Le décollement de l'auge pourrait avoir été causé, soit par un choc, soit par les variations d'hygrométrie et de température, qui entraînent un retrait du bois. Ces rétractations et la section de bois opposée à celle du socle ont également pu causer la fente de l'auge et la désolidarisation du joint de collage du panneau de support.

Les aubes et supports d'aubes désolidarisés ou lacunaires sont peut-être la conséquence d'un ou plusieurs chocs dû à une mauvaise manipulation de l'objet. Nous supposons que pour la même raison, l'angle arrière gauche du panneau et l'extrémité arrière de la traverse sont lacunaires.

La sortie de l'axe du [rouet](#) de son emplacement est très certainement liée au transport ou à la manipulation de l'objet. Les résidus fibreux présents sur l'objet ont sans doute été apportés lors de l'entretien, par un nettoyage au chiffon. Les aubes en bois exotiques peuvent nous mener à penser qu'une première restauration a déjà eu lieu sur l'objet, lors de laquelle les aubes lacunaires ont dû être remplacées.

Impact sur les valeurs culturelles

La fragilité de certains éléments du mécanisme empêche son bon fonctionnement, ce qui réduit en partie les valeurs d'usage et pédagogique de l'objet, puisqu'on ne peut plus l'utiliser pour des démonstrations. Celui-ci reste toutefois compréhensible, même lorsqu'il n'est pas en mouvement.

Les diverses taches ont un impact sur la valeur esthétique de l'objet, puisqu'elles peuvent éloigner le spectateur de la relation esthétique à l'objet.

Pronostic

Les fentes peuvent aussi entraîner une fragilisation de la structure. Les éléments détachés présentent un risque de perte et la périphérie de leurs emplacements initiaux deviennent des zones de fragilité, très sensibles en cas de choc ou d'accrochage. De même, les zones de décollements présentent des risques d'accrochage. S'ils ne sont pas remis en place, l'écrou desserré et l'axe métallique pourraient créer des zones de fragilité.

Si aucune intervention n'est effectuée sur les maquettes, cela pourrait impacter son intégrité physique en laissant les altérations déjà présentes s'aggraver et donc mettre en péril sa bonne conservation.

L'encaissement pourrait créer un microclimat favorable à la prolifération des micro-organismes. Selon le type de produit présent sur l'objet au niveau des taches et des coulures, il pourrait avoir un impact sur la finition. Les zones où la finition est partiellement dégradée deviennent aussi des zones où le bois est plus exposé aux UV, ce qui pourrait provoquer une différence d'aspect de surface .

Propositions d'interventions

En nous appuyant sur les constat d'état, diagnostic et pronostic précédents, ainsi que sur les objectifs de l'intervention, qui seront définis en concertation avec le responsable juridique de l'objet, nous allons définir plusieurs propositions d'intervention, avec différents degrés.

Degré d'intervention 1

Le premier niveau d'intervention consiste en la stabilisation de l'état de la pièce. Les étapes réalisées seront un dépoussiérage par micro-aspiration (avec filtre HEPA) et pinceaux doux, puis un nettoyage des surfaces par gommage (avec une gomme en caoutchouc synthétique (MUJI ®)) et si nécessaire par solvants, eau ajustée ou gels de solvants. Les éléments détachés seront ensuite refixés à l'aide d'une colle protéinique (réversible à l'eau) pour éviter leur perte et limiter les zones de fragilités, notamment sur les roues des moulins. En ce qui concerne les blanchiments de surface, qui sont sans doute dû à un apport d'humidité sur une surface cirée, il est possible de chauffer légèrement la surface afin de corriger l'effet optique de la surface en augmentant la transparence de la cire, puis de la lustrer légèrement. La dernière étape sera de protéger les surfaces : pour le bois, cela peut être fait avec une cire microcristalline.

Degré d'intervention 2

Le second degré d'intervention inclut ces premières étapes, auxquelles on ajoute les suivantes : une stabilisation des fentes structurelles, qui peut inclure l'insertion d'un **flipot** pour les fentes les plus conséquentes, ainsi qu'une restitution des portions d'éléments aux zones qui peuvent être fragilisées en leur absence, comme les portions des jantes des roues.

Degré d'intervention 3

Le troisième degré d'intervention inclut les étapes de ces deux premières propositions et s'attarde davantage sur l'amélioration de l'aspect esthétique de l'œuvre. On ajoute alors une restitutions des éléments lacunaires non essentiels à la solidité de la structure, comme les pales/aubes, des comblements des lacunes non structurelles (avec un mastic, une cire-résine ou une colle chargée en microballons phénoliques) et des retouches chromatiques (à l'aquarelle ou aux couleurs Gamblins ®) pour redonner une homogénéité visuelle à la pièce. Pour les aubes, nous pouvons effectuer une restitution dans la même famille de bois que celles d'origine, à savoir un *Prunus sp.*, différenciables de celles d'origine par un marquage à définir avec le responsable de l'objet (exemple date inscrite).

Degré d'intervention 4

Le quatrième degré d'intervention inclut les étapes précédentes, auxquelles s'ajoutent le remplacement des éléments anciennement restitués en bois exotique par de nouveaux en *Prunus sp.* afin de correspondre à ce qui était sans doute le plus proche de la fabrication

d'origine et d'avoir une meilleure homogénéité et par là une meilleure relation esthétique à la pièce.

Degré d'intervention 5

Enfin, le dernier degré d'intervention inclut toujours les étapes précédentes, mais s'attarde sur la remise en fonctionnement du mécanisme. Cependant, il s'agirait d'une intervention assez lourde sur l'objet, notamment en ce qui concerne les roues à aubes des moulins, qu'il faudrait fortement modifier pour leur permettre de tourner sans frotter contre le support ou le **bief**. Cette intervention n'est pas nécessairement souhaitable étant donné le niveau de fragilité global des objets, qui pourraient courir plus de risque en étant remis en fonctionnement.

Choix des interventions :

En accord avec Philippe Guyot, responsable juridique de la pièce, il a été décidé de choisir le degré d'intervention 4, avec quelques adaptations. La majeure partie des éléments restitués dans un autre bois que celui d'origine sur le moulin II vont être remplacés. Cependant, on conservera les rayons de la roue dans ce bois, ainsi qu'un support d'aube et une aube, alignés ensemble, afin de garder une trace de cette étape dans l'histoire de l'oeuvre qu'a été la restauration, sans doute au XIXe siècle dans les ateliers du musée. En plus de cela, l'intervention proposée dans le degré 2 de stabiliser les fentes par un flipot a été changée en un comblement esthétique, puisque la fente est sans doute évolutive, et y placer un flipot risque, soit de n'avoir aucun impact, soit de contraindre davantage la pièce et de créer des tensions supplémentaires.

Rapport d'intervention

Les interventions choisies en accord avec le responsable juridique de la pièce seront ici décrites dans l'ordre chronologique de leur application pour chacun des deux moulins. Les trois premières étapes sont réalisées sur les deux maquettes et seront donc traitées conjointement avant de séparer le rapport entre les moulins I et II. Le rapport d'intervention se clôturera par des préconisations de conservation préventive afin de maximiser la durabilité des interventions réalisées. L'ensemble des produits utilisés sont listés dans l'annexe Matériel et produits utilisés.

Dépoussiérage

Un premier dépoussiérage est réalisé sur les deux maquettes, à l'aide d'un micro-aspirateur équipé d'un filtre HEPA (High Efficiency Particulate Air) et de pinceaux doux, afin d'éliminer les poussières qui pourraient contenir des micro-organismes, devenir abrasives ou s'incruster dans la cire pendant les étapes d'interventions suivantes.

Gommage et nettoyage

L'empoussièvement qui n'a pas été éliminé lors du dépoussiérage est retiré par un gommage à l'éponge-gomme en caoutchouc synthétique MUJI ®, et, lorsque cela s'avère nécessaire, par nettoyage aqueux en appliquant de l'eau déminéralisée à l'aide d'un coton. Cette étape a également permis d'atténuer en partie les blanchiments présents sur les maquettes. Dans certaines zones plus résistantes, nous avons accentué le gommage en utilisant une gomme Staedtler ®.

Atténuation des blanchiments

Dans les zones où les blanchiments n'ont pas été éliminés lors de l'étape précédente, nous avons utilisé un décapeur thermique Leister ®, afin de faire refondre ponctuellement la cire, ce qui atténue, sinon retire, les blanchiments et donne une brillance homogène aux surfaces. Cette technique est plutôt efficace, mais certains blanchiments persistent, des tests de solvants sont alors réalisés pour les éliminer. Les différents tests (éthanol, Shellsol D40, Shellsol A, alcool isopropylique) montrent l'efficacité de l'isopropanol sur le moulin I, c'est donc lui qui est utilisé sur l'ensemble de la maquette.

Moulin I

Stabilisation de la roue

Quelques éléments en arc de cercle raccordant les aubes étaient mobiles, ils sont stabilisés par un collage à la colle de poisson. Les six arcs de cercle manquants sont fabriqués en noyer, pour utiliser la même essence que sur la maquette et une mise en teinte à l'aquarelle est effectuée pour homogénéiser l'ensemble. Les éléments sont ensuite cirés et lustrés, l'objectif étant de garder un aspect satiné, et non brillant, afin de les distinguer des éléments d'origine. Ils sont également fixés à la colle de poisson dans leurs emplacements.

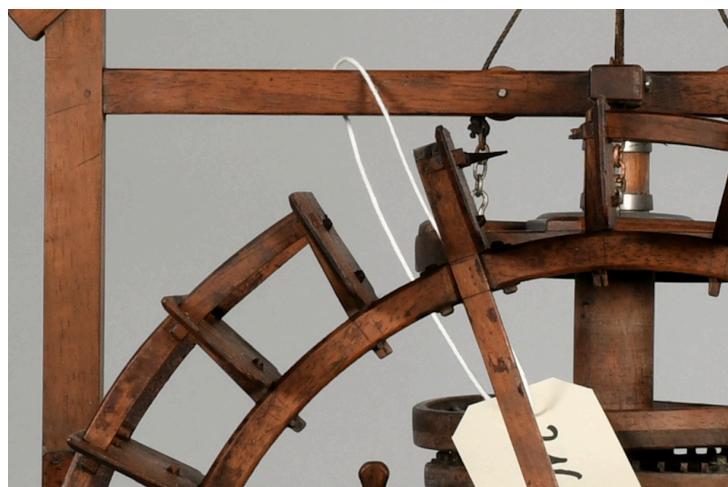


Figure 38 Éléments manquants, avant restauration



Figure 39 Restitution des éléments

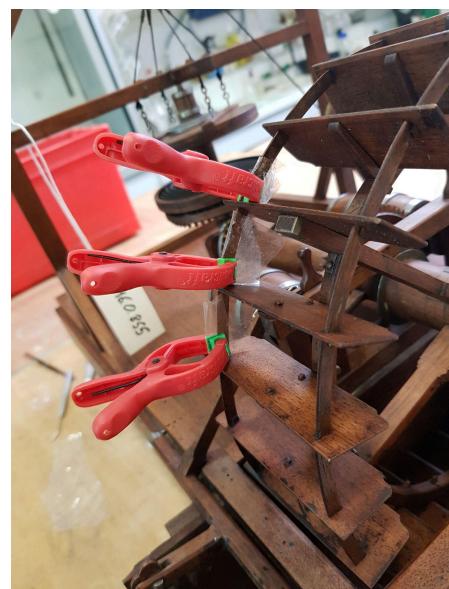


Figure 40 Collage des éléments restitués

Fabrication des dents lacunaires de l'engrenage

Les six dents manquantes de l'engrenage sont également réalisées en noyer teinté à l'aquarelle. Elles sont ensuite collées en place à l'aide d'une colle de poisson malaxée au préalable afin d'accélérer sa prise et de faciliter le collage dans une zone complexe.



Figure 41 Fabrication d'une dent de l'engrenage



Figure 42 Mise en place d'une dent restituée sur l'engrenage

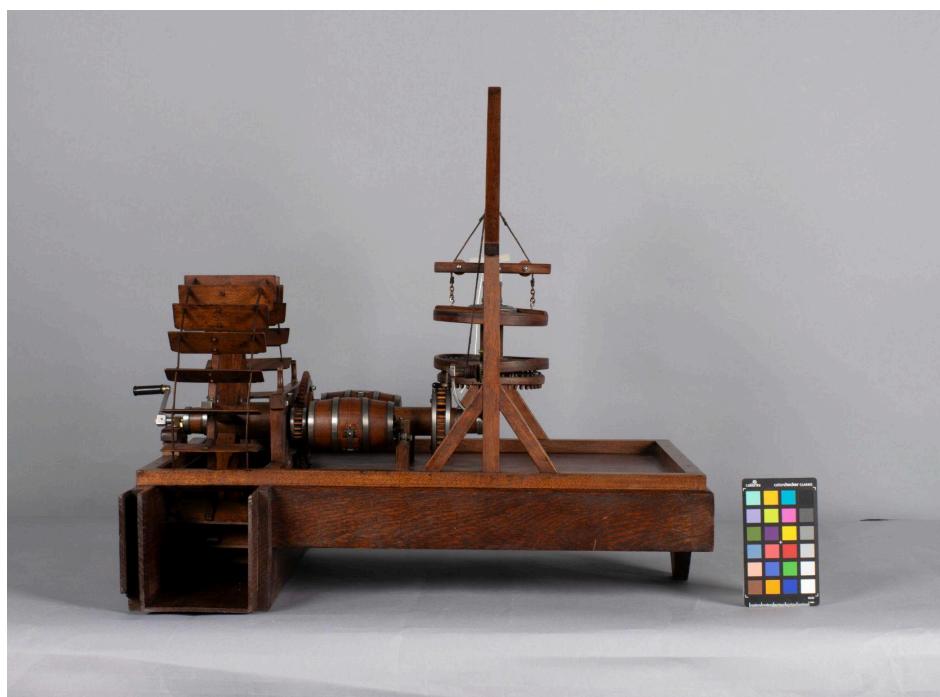


Figure 43 Vue d'ensemble après restauration

Moulin II

Démontage de la roue

Afin de faciliter l'accès à la roue à aubes du moulin II, et pour limiter les risques lors des interventions, celle-ci est déposée du socle et placée sur un support adapté en contreplaqué protégé par de la mousse polyéthylène (fig. 50). Cela permet également d'avoir accès aux zones jusque là inaccessibles et d'y terminer le dépoussiérage et le gommage.

Un des choix d'intervention est de remplacer les éléments de la roue fabriqués dans une essence de bois différente lors d'une précédente restauration. Par conséquent, ces éléments sont également déposés de la roue et conditionnés sur un plateau.



Figure 44 Montage pour répertorier les éléments déposés pendant les interventions



Figure 45 Montage des éléments détachés et conservés dans le conditionnement final du moulin II

Afin de faciliter leur inventaire, nous décidons d'attribuer un nombre à chaque aube (de 1 à 32) et une lettre (A et B) associé au nombre précédent pour les supports d'aubes. Nous plaçons l'aube n°1 à gauche de la jante anciennement restaurée que nous avons conservée en l'état comme trace historique et comptons dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, comme sur le schéma ci-dessous. La liste complète des éléments que nous avons restitués se trouve dans l'annexe Emplacements des éléments restitués du moulin II.

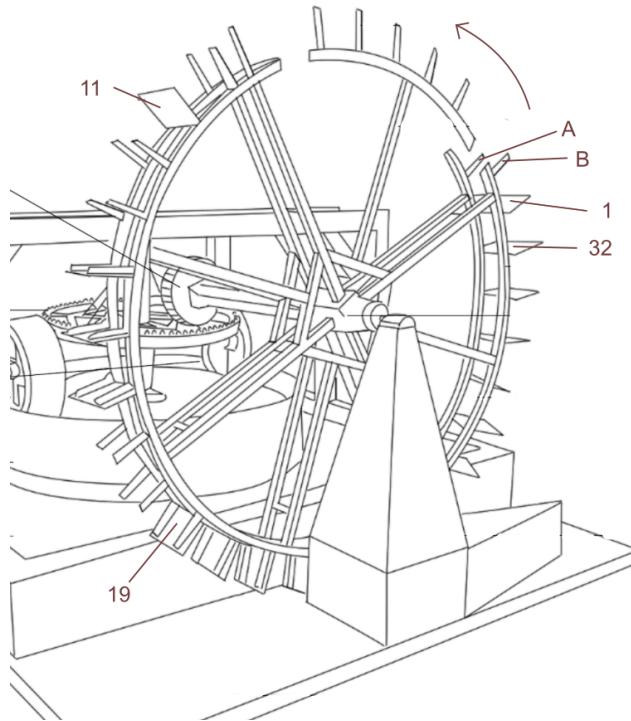


Figure 46 Schéma avec numérotation des aubes et supports

Nettoyage

Les traces de colles présentes sur la structure de la roue, dans les cassures, sur les éléments démontés et au revers des aubes sont d'abord retirées mécaniquement par clivage à l'aide d'un scalpel. Elles sont ensuite nettoyées soit à l'aide d'un gel de laponite à 5% dans de l'eau déminéralisée, qui sert également à nettoyer les zones d'encrassement importantes, soit avec un gel de xanthane à 4% dans de l'eau déminéralisée. Les deux gels sont appliqués avec un temps de pose de 5 à 10 minutes, en une ou plusieurs fois selon le résultat obtenu, puis retirés avec un coton imbibé d'eau déminéralisée.



Figure 47 Application du gel de laponite pour retirer la colle persistant après le clivage

Stabilisation du tenon

Le tenon d'un rayon de roue détaché de la structure à l'arrivée est sorti de son emplacement et refixé au rayon par un collage réalisé avec une colle de poisson chargée en lycopodes et en carbonate de calcium afin de compenser la perte de matière. Ce collage est ensuite renforcé par l'application d'une bande de papier japon 11g collée à la Klucel G à 3%, autour du tenon et d'une portion du rayon. Le papier visible après le collage est ensuite retouché à l'aquarelle pour homogénéiser l'ensemble.



Figure 48 Montage pour le collage du tenon



Figure 49 Tenon remis en place avec le papier japon
retouché à l'aquarelle (au centre)

Réassemblage de la structure de la roue

Une fois le tenon stabilisé, la portion de roue est remise en place sur la structure. Les zones fragilisées du cercle sont recollées à la colle de poisson. Les parties lacunaires du cercle sont fabriquées en les adaptant à leur emplacement et sont collées également à la colle de poisson après avoir été mises en teinte à l'aquarelle.



Figure 50 Collage des zones de cassures du cercle

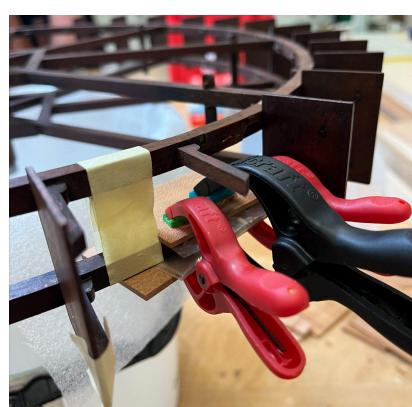


Figure 51 Collage d'un élément lacunaire restitué

Fabrication des éléments lacunaires

Afin de remplacer les éléments lacunaires ou remplacés dans une essence exotique durant une ancienne restauration, nous fabriquons 1 raccord de rayon, 12 aubes, 18 supports d'aubes et 22 clés. Ces éléments seront réalisés en merisier, pour réutiliser un bois de la famille de l'essence d'origine.

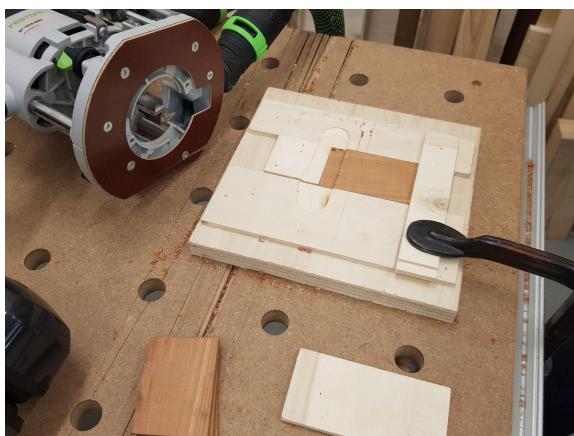


Figure 52 Montage pour réaliser les tenons des supports d'aubes



Figure 53 Mise à dimension des aubes à restituer

Ils sont ensuite teintés à l'aquarelle, puis cirés avec une cire micro-cristalline à 10% dans du siedegrenzbenzin et lustrés. Cette finition est légèrement plus mate que celle sur les éléments d'origine, ce qui permet d'avoir une distinction lorsqu'on est proche de l'œuvre, tout en conservant une homogénéité afin de ne pas gêner la lecture. On peut également repérer les aubes restituées par l'absence des quatre chevilles qui servaient, sur les éléments d'origine, à maintenir l'aube sur les supports.



Figure 54 a Gauche : aube restituée teinte / droite : aube d'origine



Figure 54 b Gauche : aube restituée teinte / droite : aube d'origine

Remontage de la roue

Contrairement aux éléments d'origine, les aubes ne sont pas chevillées, mais collées à la colle de poisson sur les supports, afin de donner une autre distinction et d'éviter de fragiliser les supports. L'ensemble supports-aube est glissé dans son emplacement et maintenu en place par les clés. Un nettoyage aqueux des colles n'étant pas possible, car présentant le risque de retirer la mise en teinte à l'aquarelle, les traces de colles ont été retirées mécaniquement, par clivage au scalpel.



Figure 55 Adaptation des tenons des supports à leur emplacement



Figure 56 Restitution du raccord de rayon



Figure 57 Collages des aubes sur leurs supports

Une fois les éléments lacunaires restitués, la roue est replacée dans son emplacement, après un dernier dépoussiérage de la zone inaccessible lorsqu'elle est en place. La toute dernière étape réalisée sur la maquette est la réalisation de retouches à l'aquarelle sur les taches les plus importantes, notamment la tache blanche sur le panneau de support, à l'avant du côté gauche, afin d'atténuer leur impact sur la lisibilité de l'objet.



Figure 58 a Tache avant gauche avant la retouche

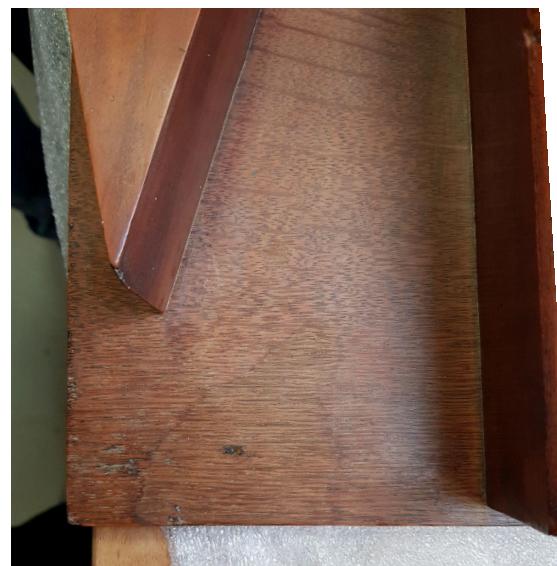


Figure 58 b Tache avant gauche après la retouche



Figure 59 Vue d'ensemble après restauration

Préconisations

Environnement

Étant essentiellement constituées de bois, les deux maquettes sont très sensibles aux variations de température et d'humidité, il est donc préférable de les conserver dans un environnement le plus stable possible, avec des vérifications régulières de l'environnement de la réserve. La présence d'éléments métalliques augmente également la sensibilité des objets à l'humidité, car elle peut être un facteur d'oxydation.

Nous préconisons également une surveillance régulière des zones de trous d'envol. Pour cela, des comparaisons peuvent être faites entre les photographies en fin d'intervention (cf annexes) et l'état des maquettes lors de la surveillance.

Manipulation et transport

Un conditionnement spécifique a été réalisé pour le transport des maquettes entre le musée de l'armée et l'INP et a été réemployé avec quelques modifications après interventions pour leur retour en réserve. Les zones de fragilité à prendre en compte lors des manipulations sont surtout les roues à aubes des deux maquettes. Des calages ont été mis en place pour stabiliser les roues, ainsi que les meules du moulin I.



Figure 60. Conditionnement du moulin I



Figure 61. Conditionnement du moulin II

Conditionnement

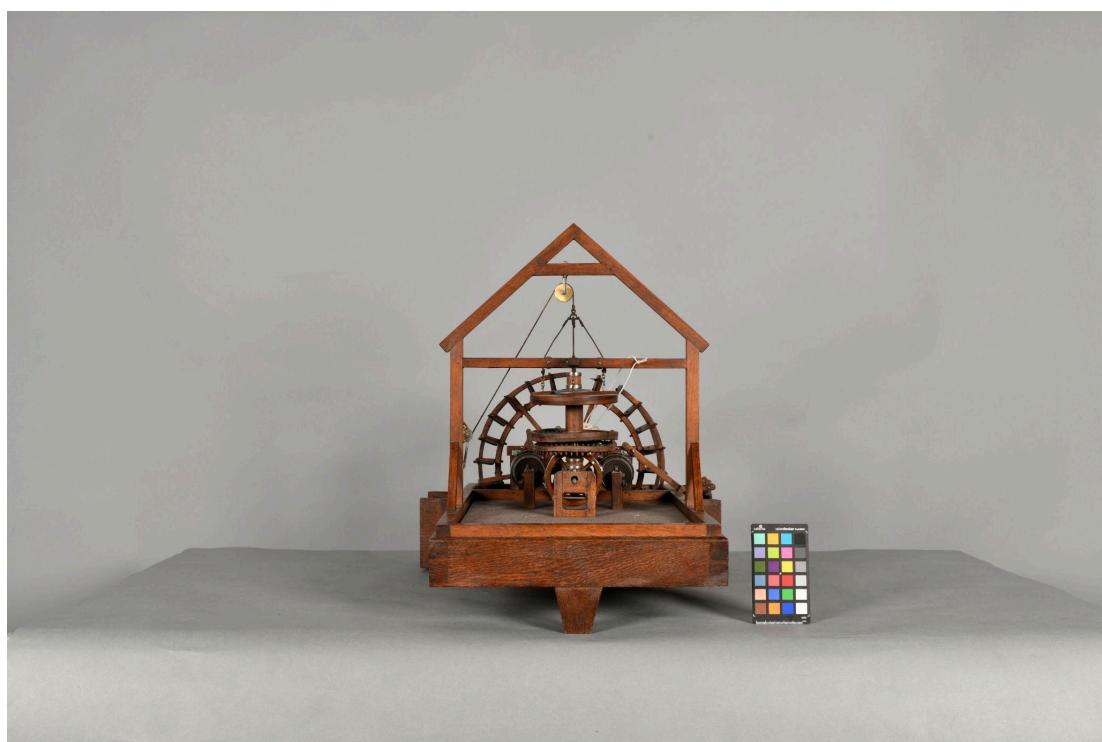
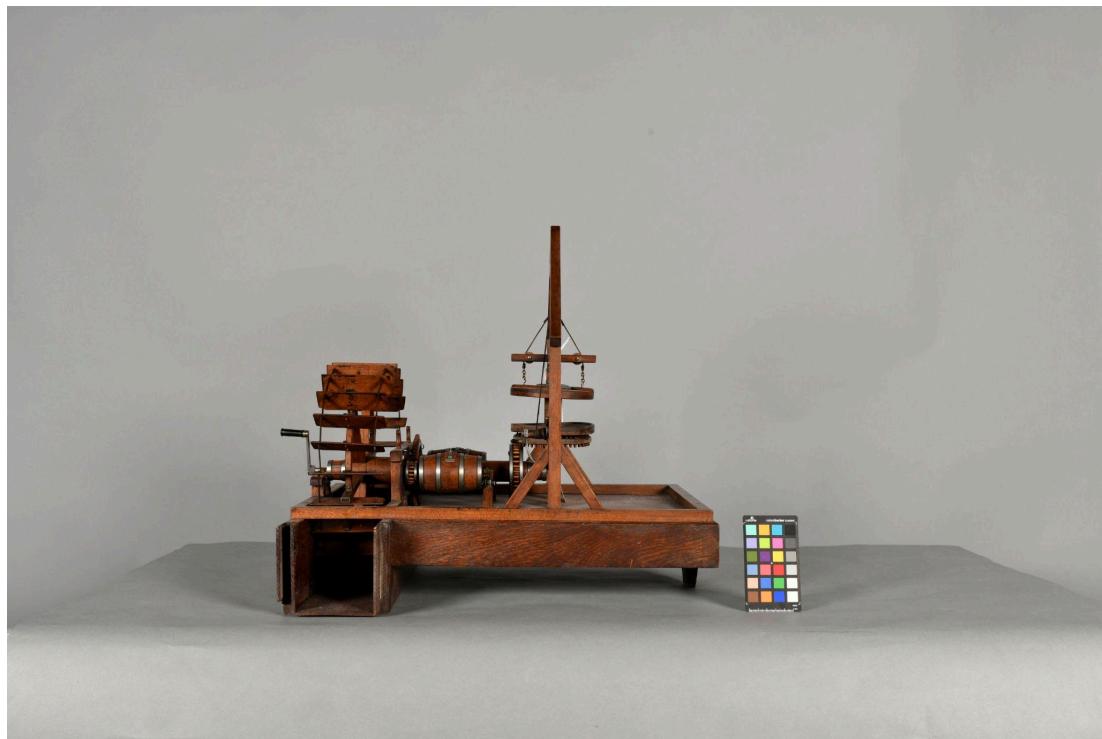
Le conditionnement réalisé pour le transport peut éventuellement servir de conditionnement pour la mise en réserve des objets, à condition d'effectuer une veille régulière pour vérifier l'état des objets. Cependant, cela crée une contrainte pour le musée, puisque les objets ne

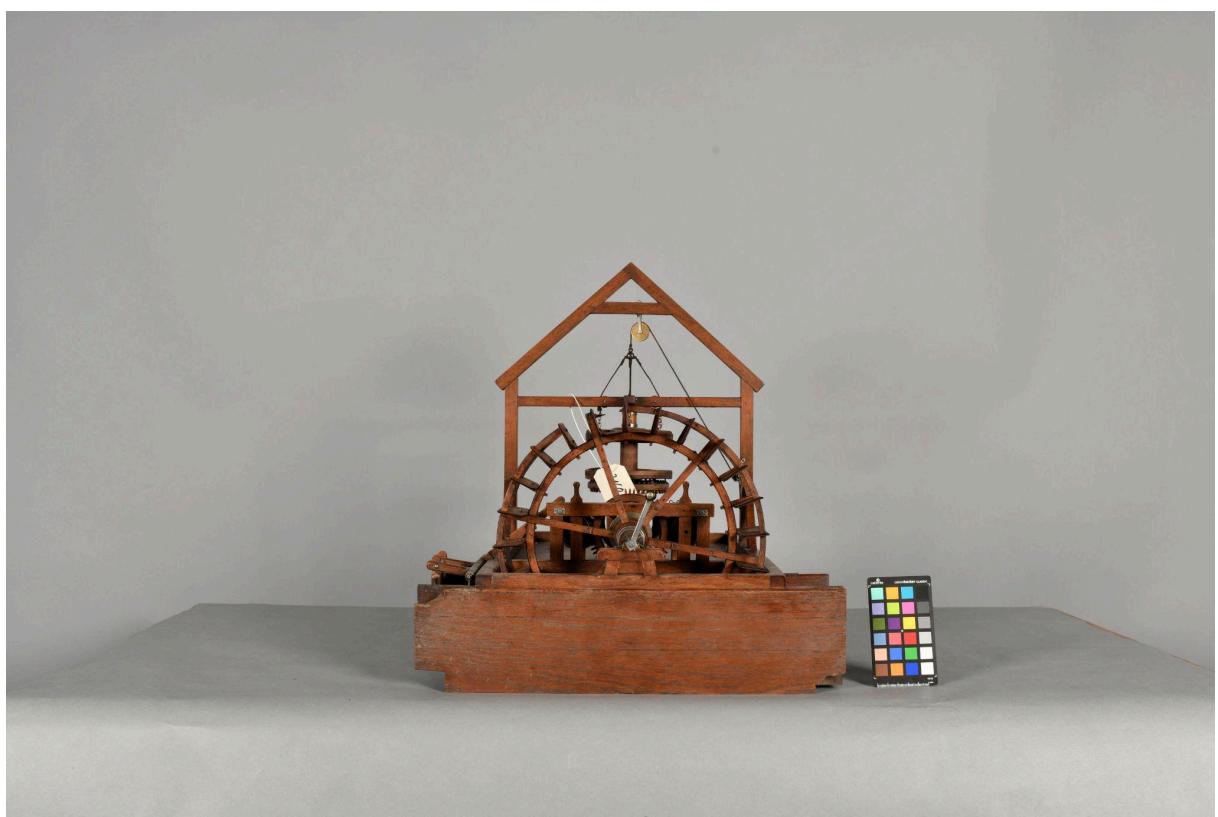
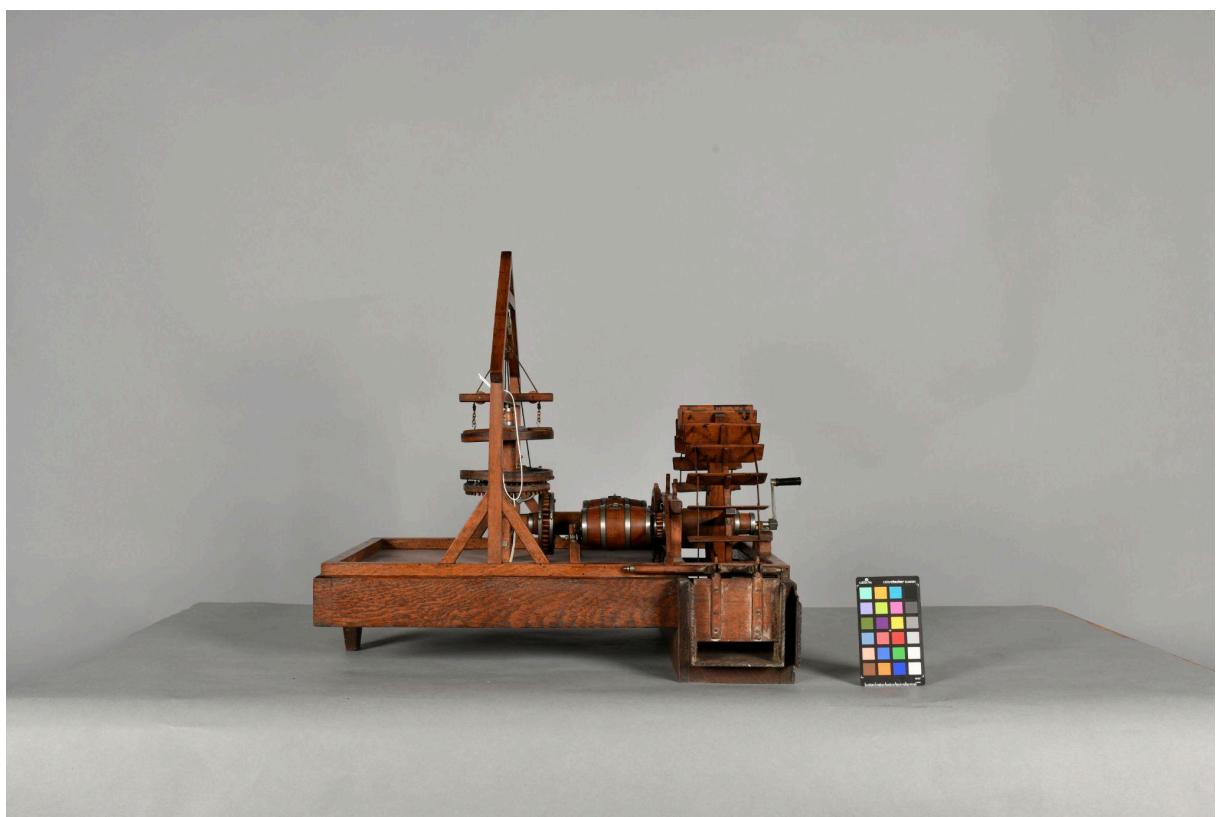
seront pas visibles immédiatement. Ils peuvent alors être placés sur une étagère, en les couvrant d'une protection comme un film Melinex ® pour éviter l'empoussièrement.

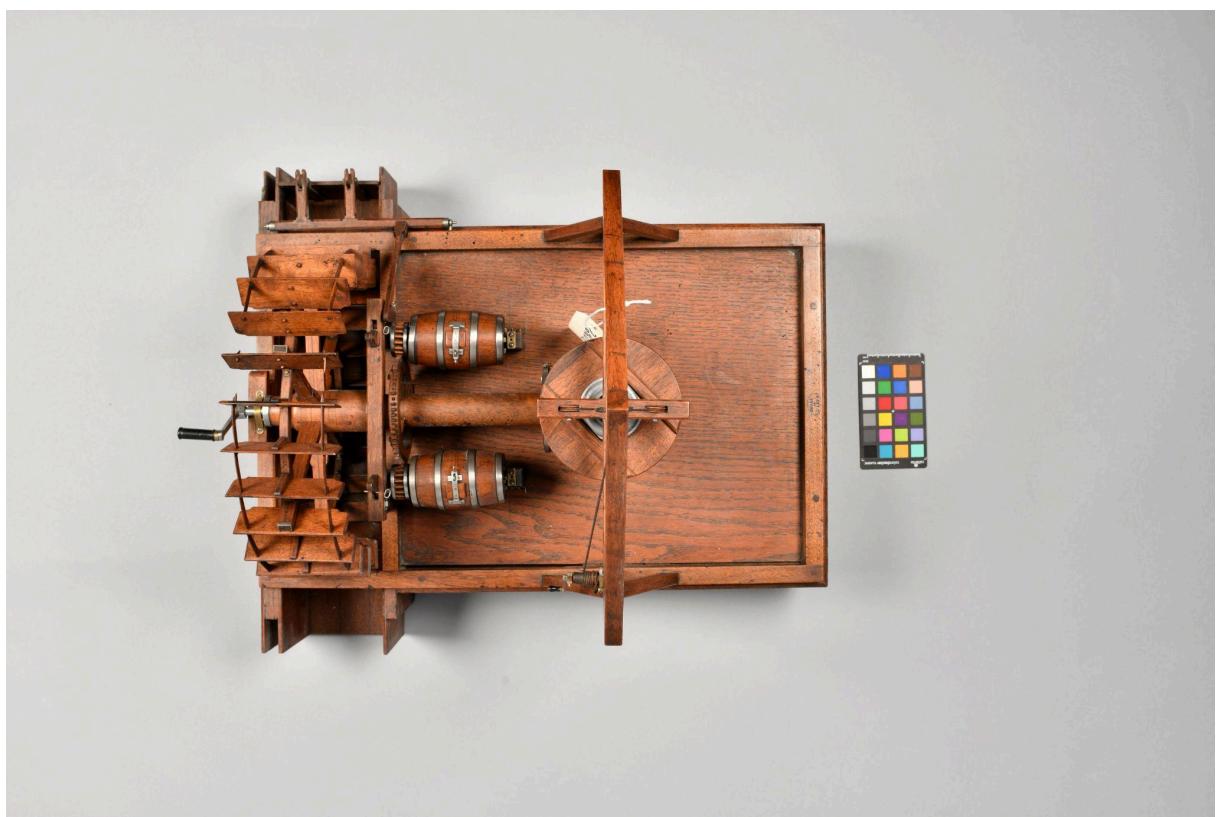
Annexes

Photographies d'ensemble avant interventions

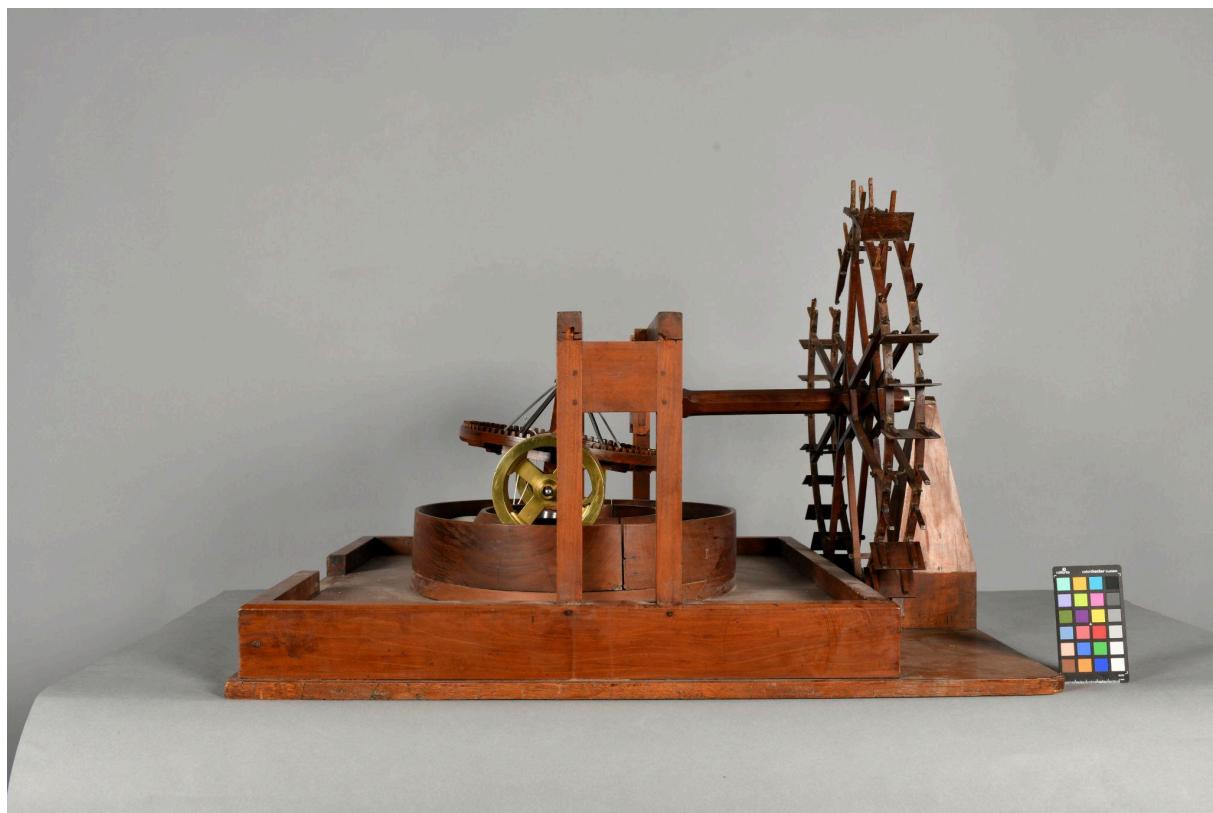
Moulin I (avant interventions)

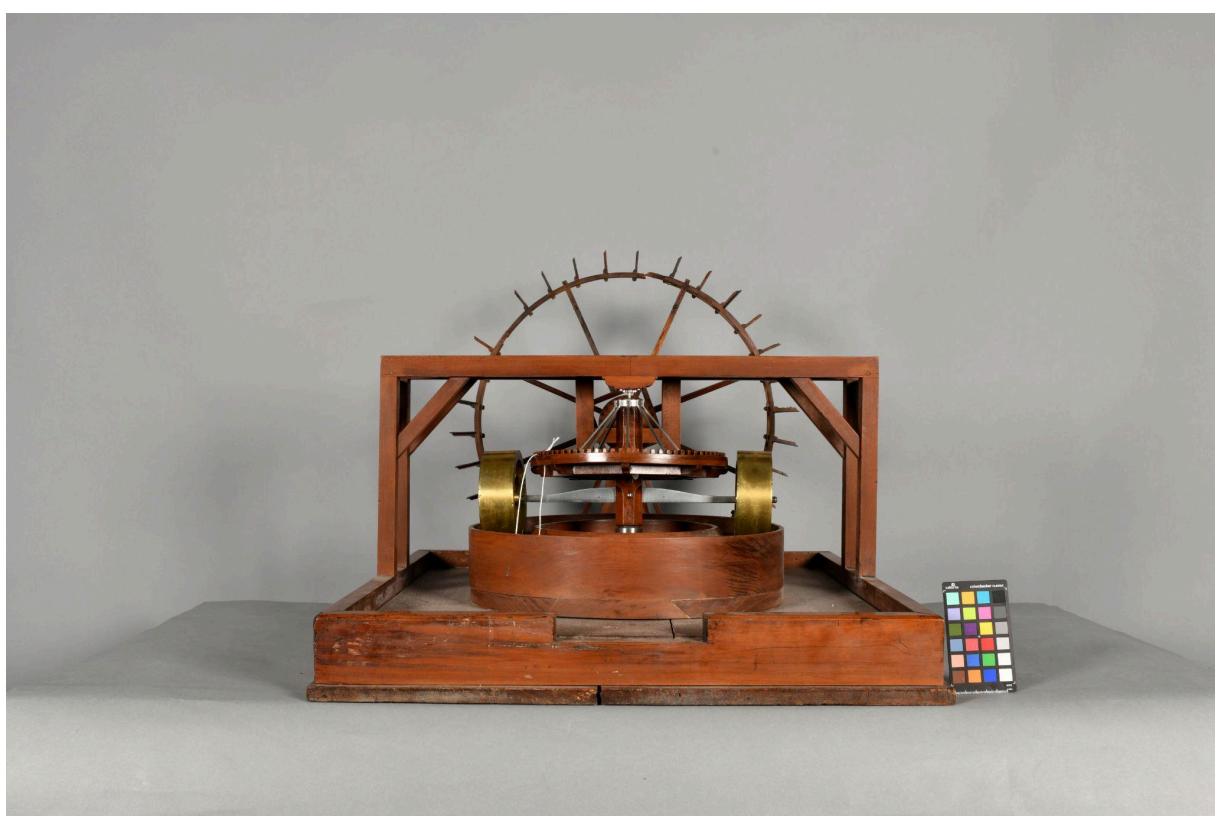


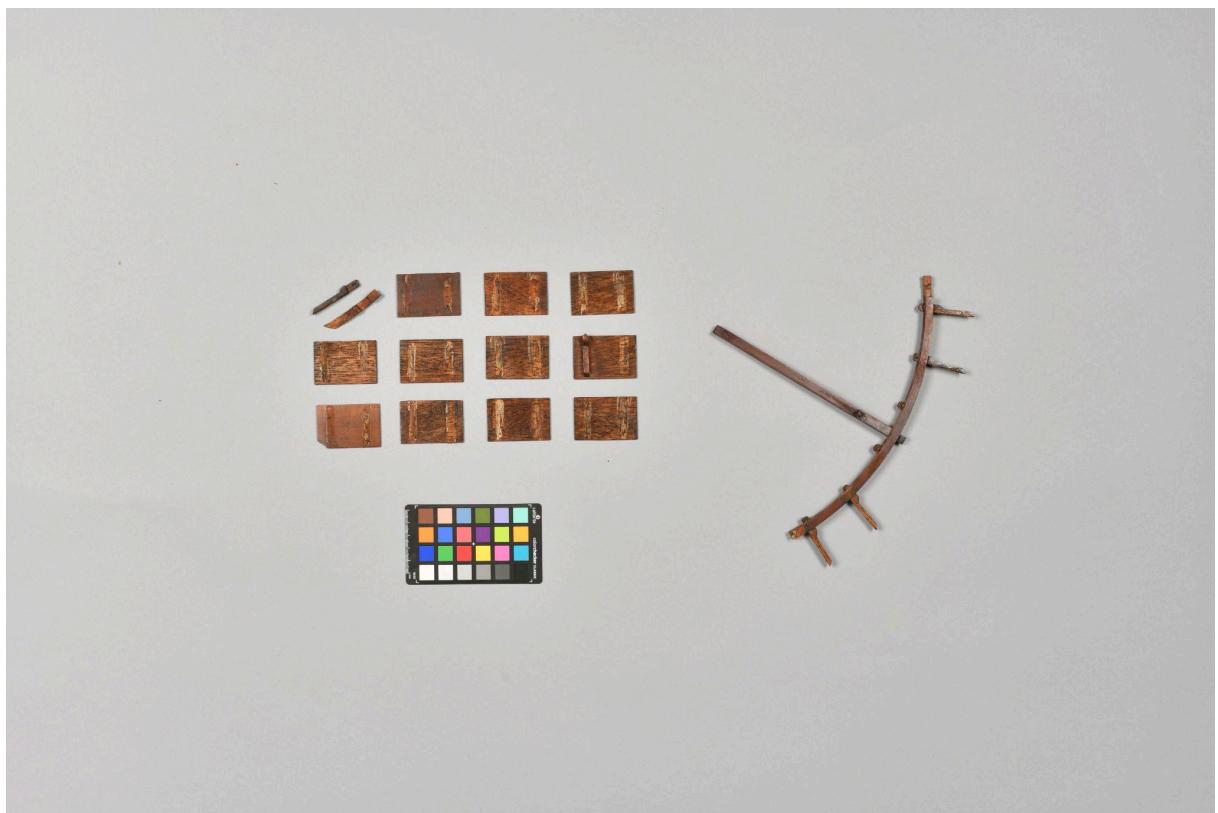
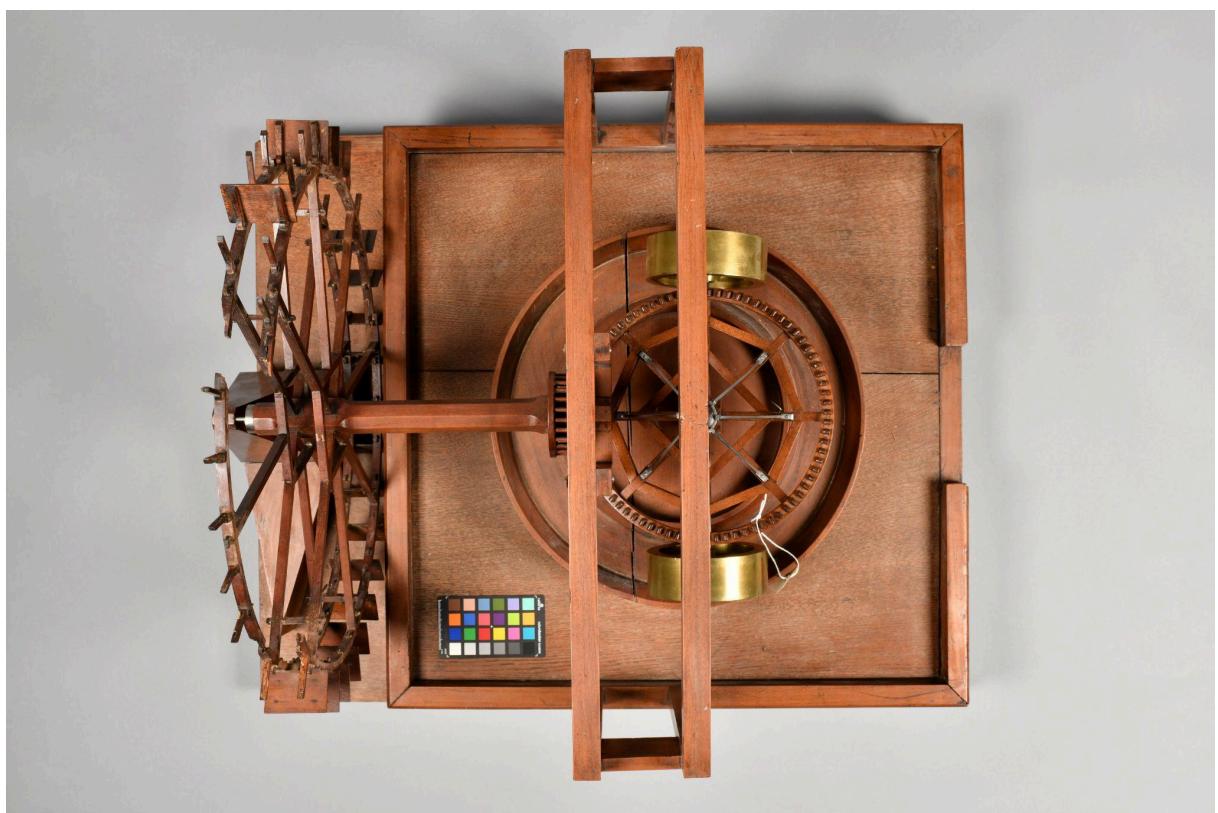




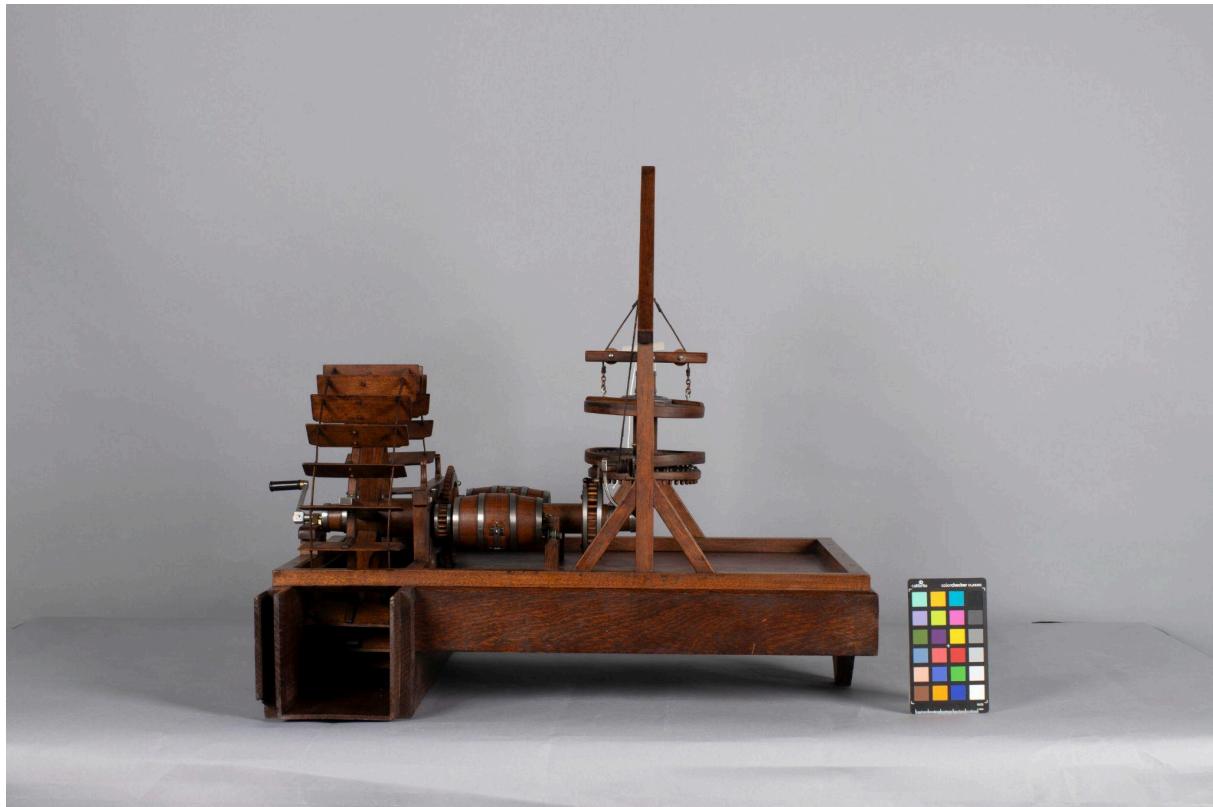
Moulin II (avant interventions)

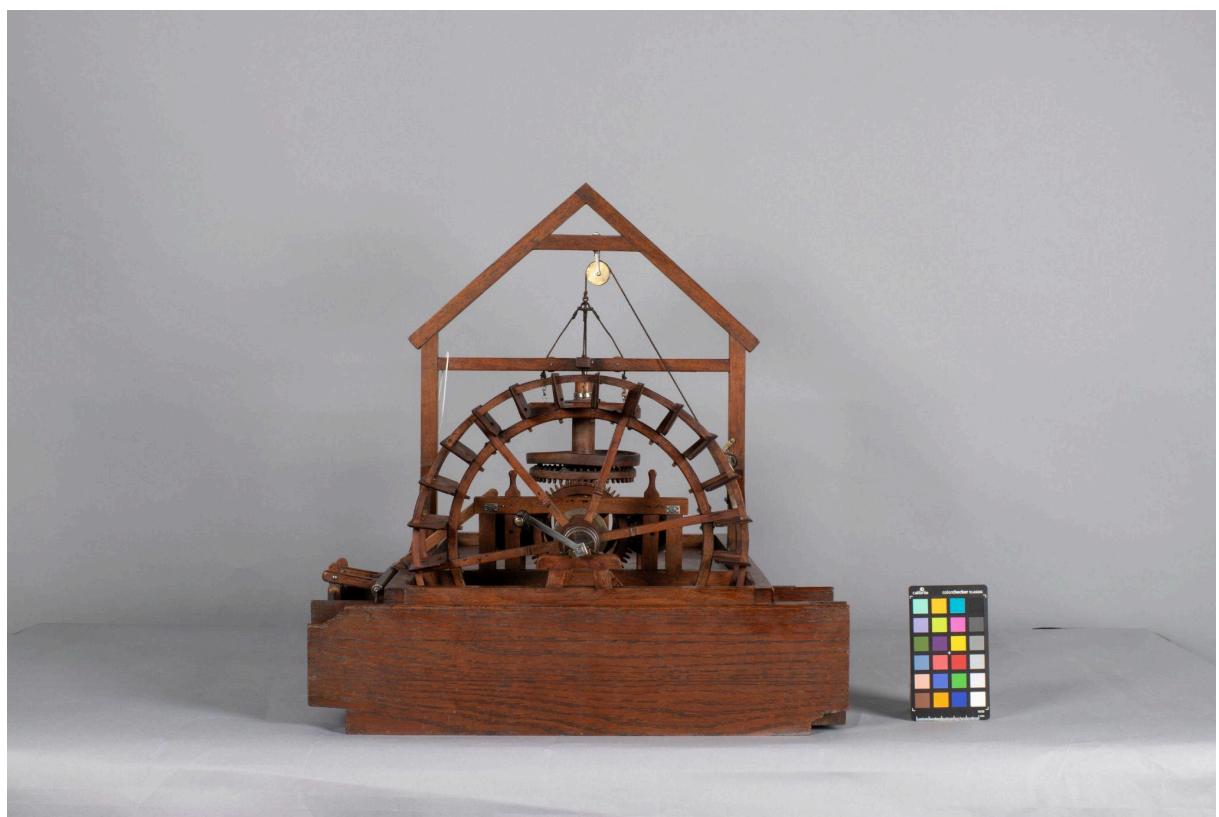


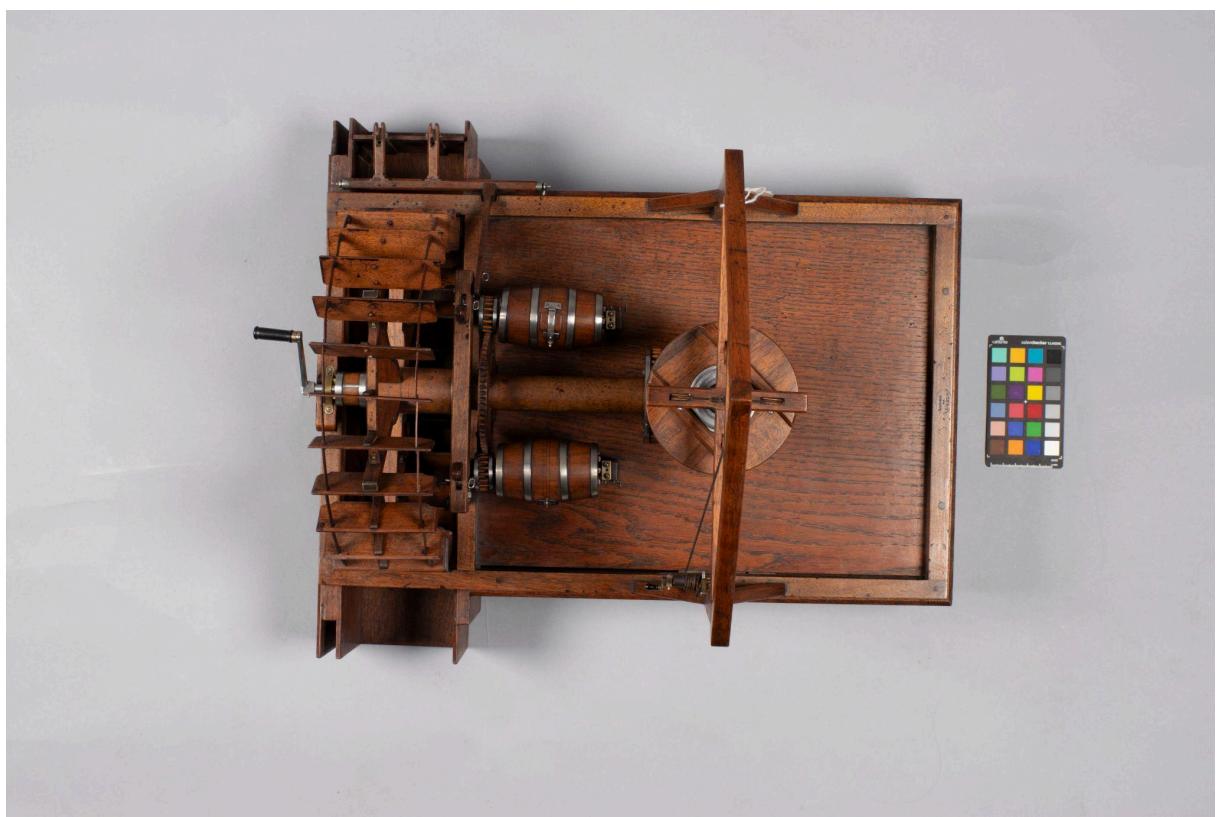




Moulin I (après interventions)

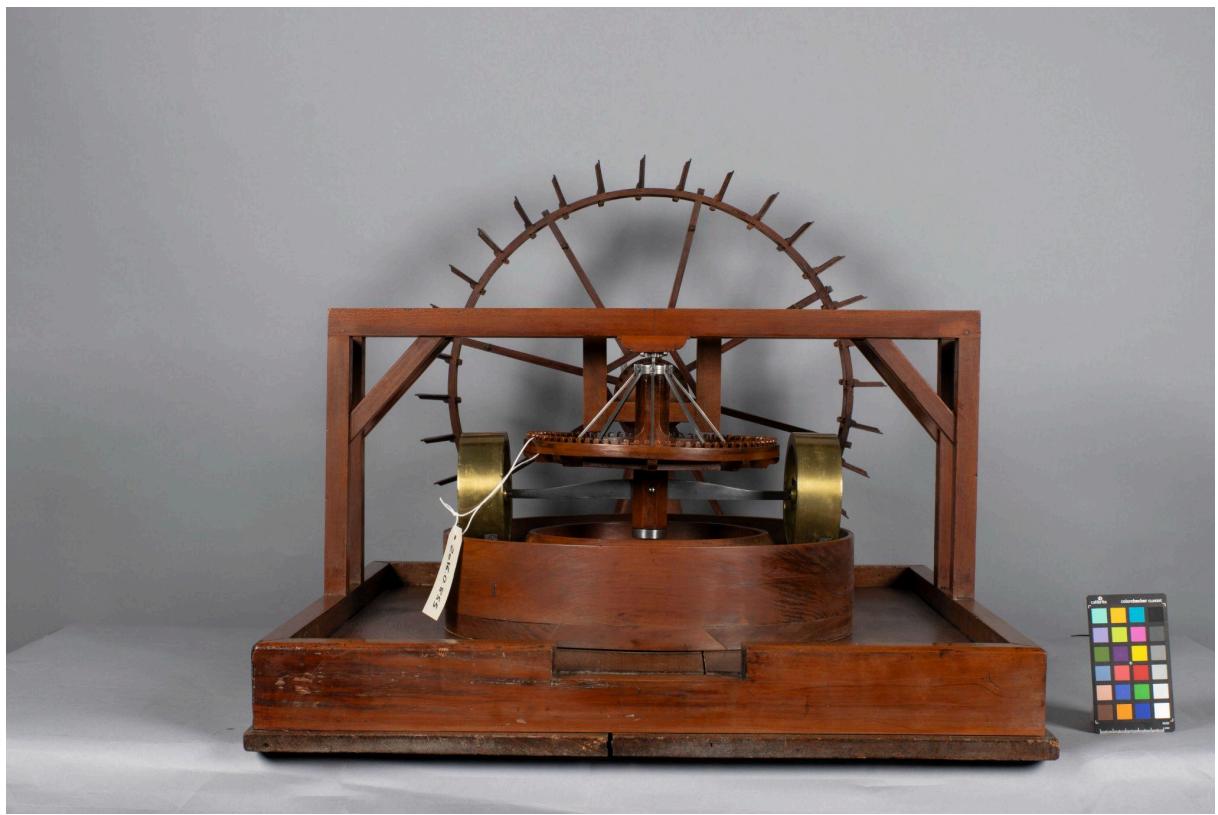


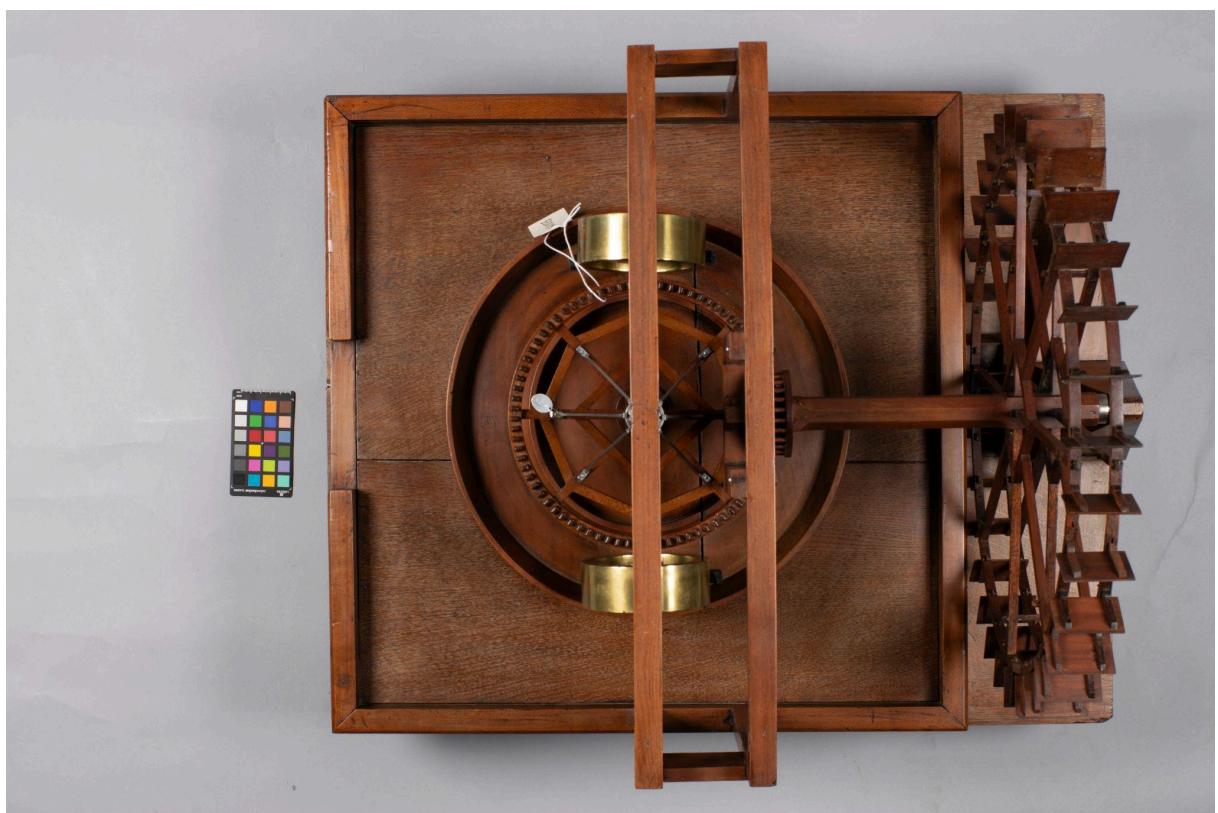




Moulin II (après interventions)







Photographies des zones à surveiller

Zone de trous d'envol : Plinthe gauche, à l'intérieur



Figure. 62 Trous d'envol déjà présents au moment de l'intervention

Emplacement des éléments restitués du moulin II

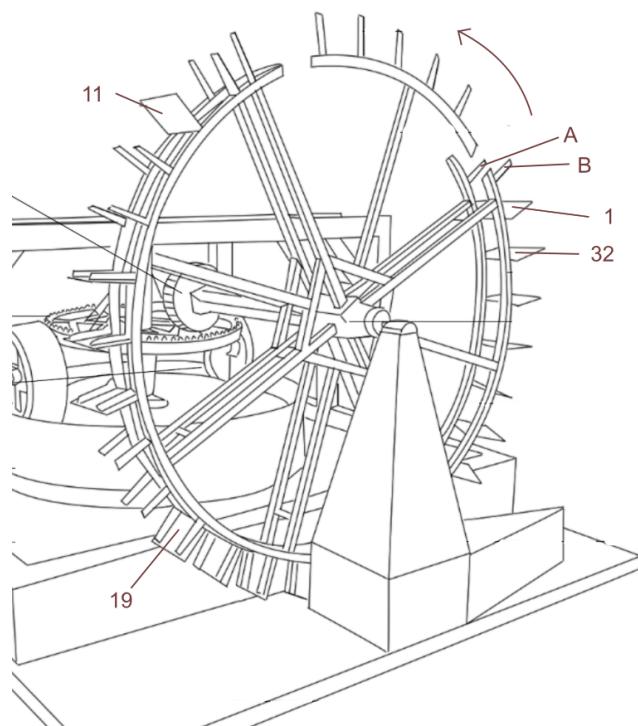


Figure 46 Schéma avec numérotation des aubes et supports

En suivant cette numérotation, les aubes qui ont été restituées sont : 1; 2; 3; 4; 5; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32 et les supports sont : 2B; 3 A et B; 4A; 5 A et B; 6A; 9 A et B; 19 A et B; 26 A et B; 28A; 29A; 30 A et B; 31A; 32B.

Références documentaires Etude historique Amaryl Dinh

- STEERK, (major). **Guide pratique de la fabrication des poudres et salpêtres / par le major Steerk ; suivi d'un appendice sur les feux d'artifices par M. Spilt.** 1866
- SICARD, Michel. **Les moulins à poudre de Toulouse : un patrimoine à conserver.** Le Monde des Moulins, n°41, juillet 2012. En ligne
[<https://fdmf.fr/les-moulins-a-poudre-de-toulouse-un-patrimoine-a-conserver/>], consulté le 01/02/2025
 - LAJOIE-MAZENC, Michel. **Dangereux mais admirables moulins à poudre.** Le Monde des Moulins, n°74, octobre 2020. En ligne
[<https://fdmf.fr/dangereux-mais-admirables-moulins-a-poudre/>], consulté le 01/02/2025

Archives à consulter

Service historique de la Défense, Châtellerault.
AA/698/3/A/2/81/4 : Compte-rendu d'explosion. 17 avril 1909 : explosion d'une tonne binaire salpêtre en réparation. Croquis

Quelques dossiers d'Inventaire sur les poudreries

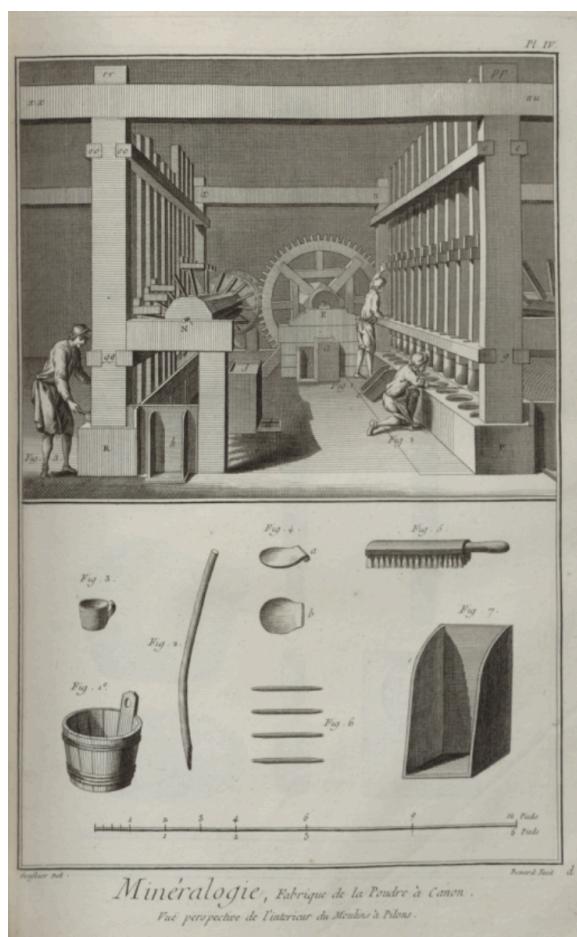
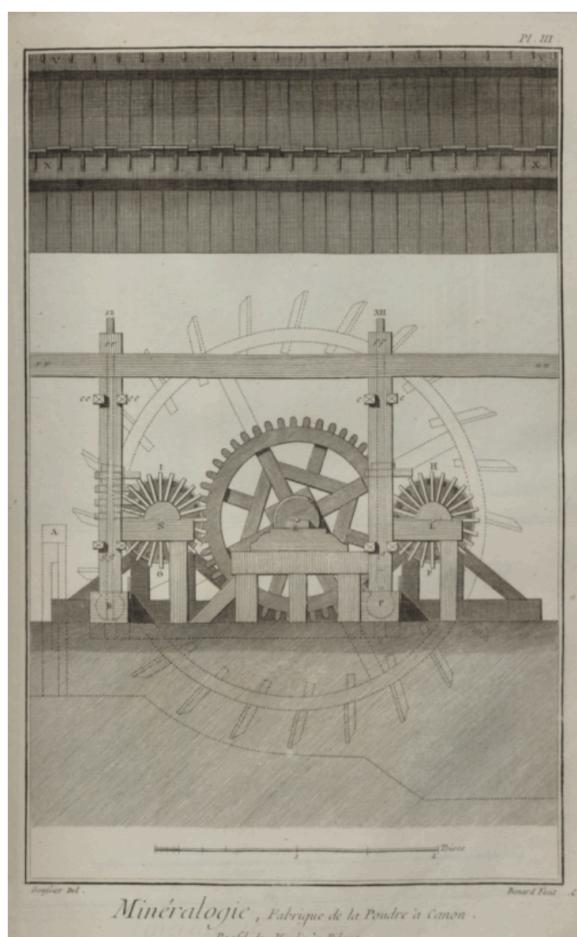
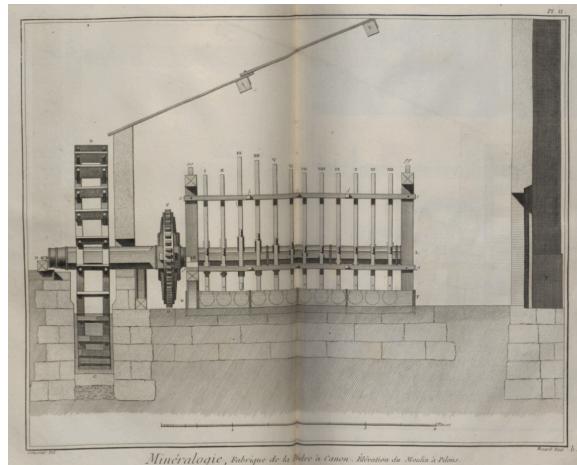
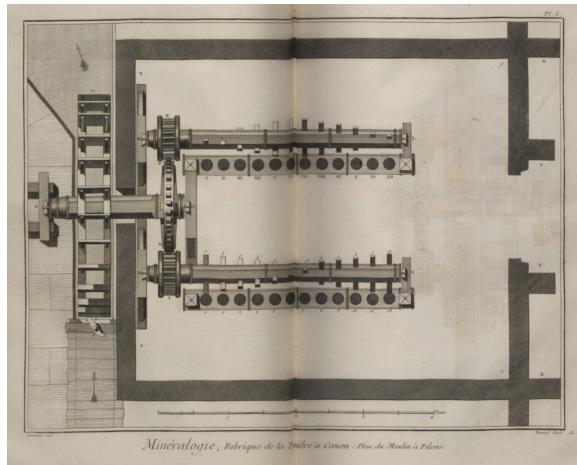
- Usine de produits explosifs (moulin à poudre) d'Esquerdes (IA62000857)
<http://www2.culture.gouv.fr/documentation/memoire/HTML/IVR31/IA62000857/index.html>
Ce dossier comporte notamment le dessin d'un radier de brassage.
- Usine de produits explosifs (moulin à poudre) de Saint-Médard-en-Jalles (IA00135898)
<https://pop.culture.gouv.fr/notice/merimee/IA00135898>
- Poudrerie de Maromme (/IA76000571)
<https://pop.culture.gouv.fr/notice/merimee/IA76000571>
- Usine de produits explosifs (moulin à poudre) d'Angoulême
https://www.patrimoine-nouvelle-aquitaine.fr/Default/doc/Dossier/06a6732f-beb6-46d4-ac2e-c4a0bffa8739/usine-de-production-de-poudre-et-de-propulseurs-a-poudre-dite-ste-nationale-des-poudres-et-explosifs?_lg=en-US
- Poudrerie de Sevran-Livry
<https://patrimoine.seinesaintdenis.fr/Poudrerie-Nationale-de-Sevran-Livry>
- Usine de produits explosifs (poudrerie de Saint-Chamas), (IA13005997)
<https://dossiersinventaire.maregionsud.fr/dossier/IA13005997>

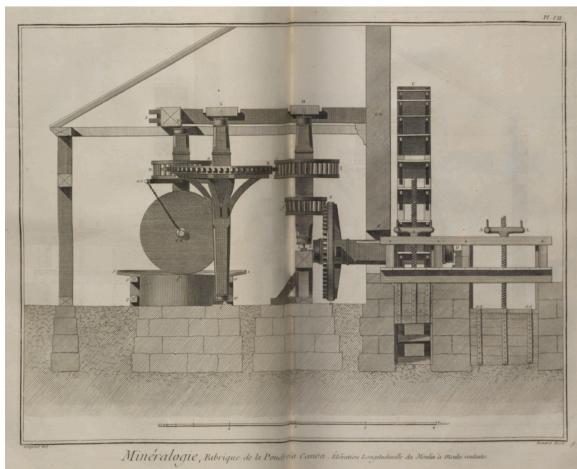
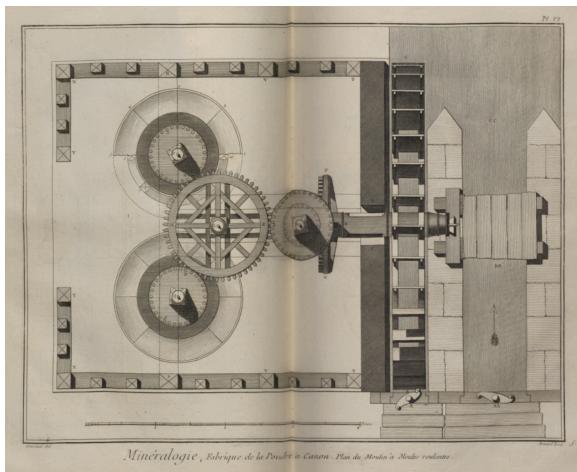
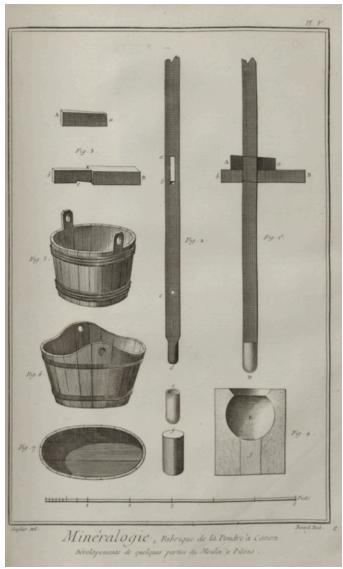
Annexes

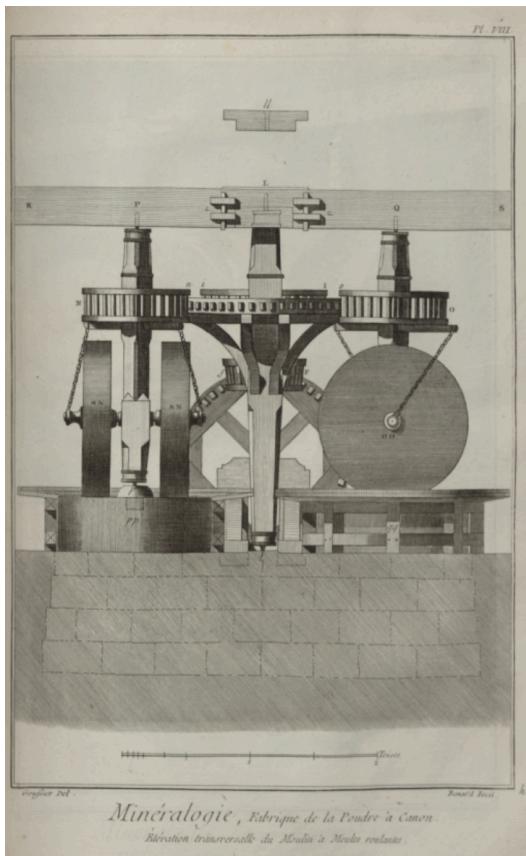
DIDEROT, Denis. **Minéralogie, Fabrique des poudres.** *Encyclopédie*. [en ligne]
<https://artflsrv04.uchicago.edu/philologic4.7/encyclopedie0922/navigate/23/46?byte=813784>, consulté le 19/12/2025

La version en ligne permet d'avoir les légendes des planches.

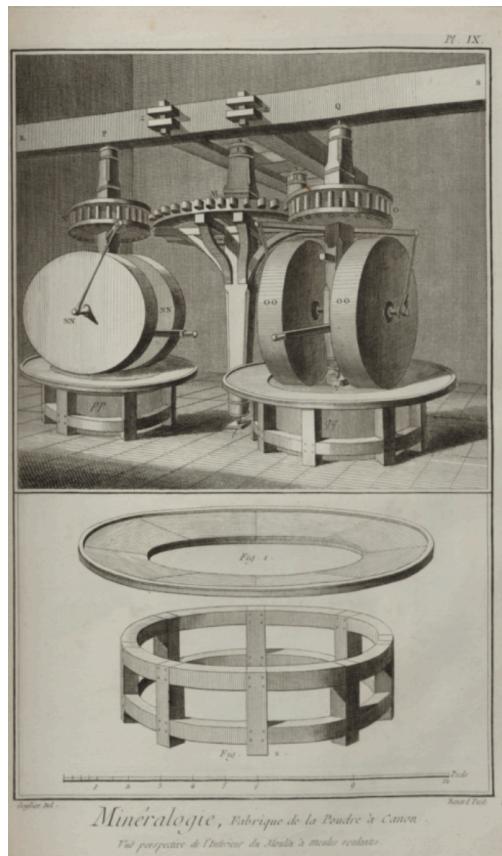
Planches I à V: marteau-pilon du moulin à poudre d'Essonne



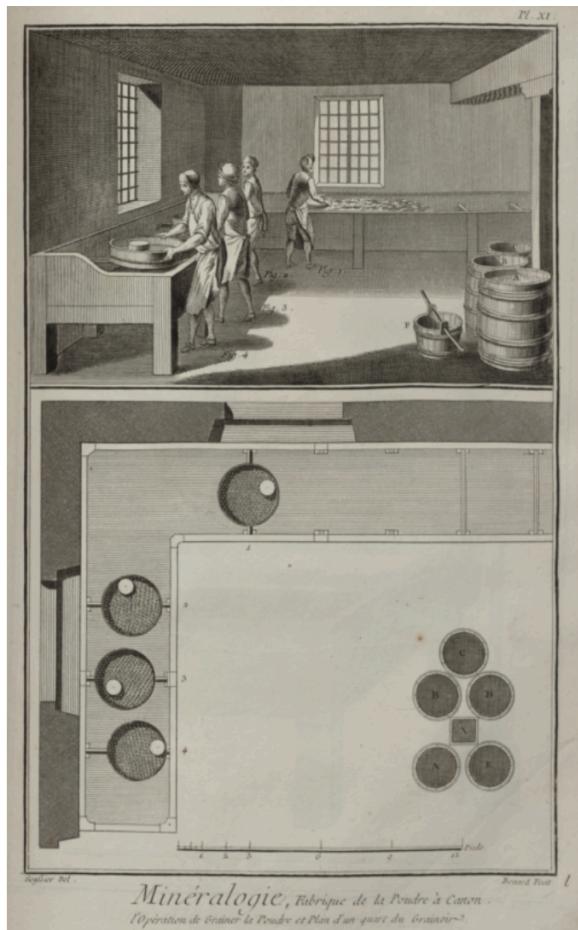
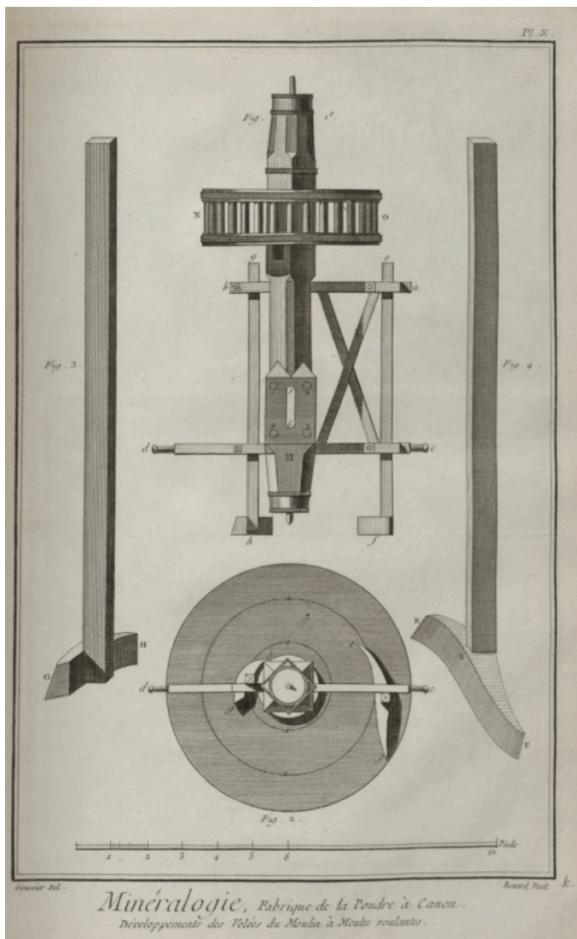


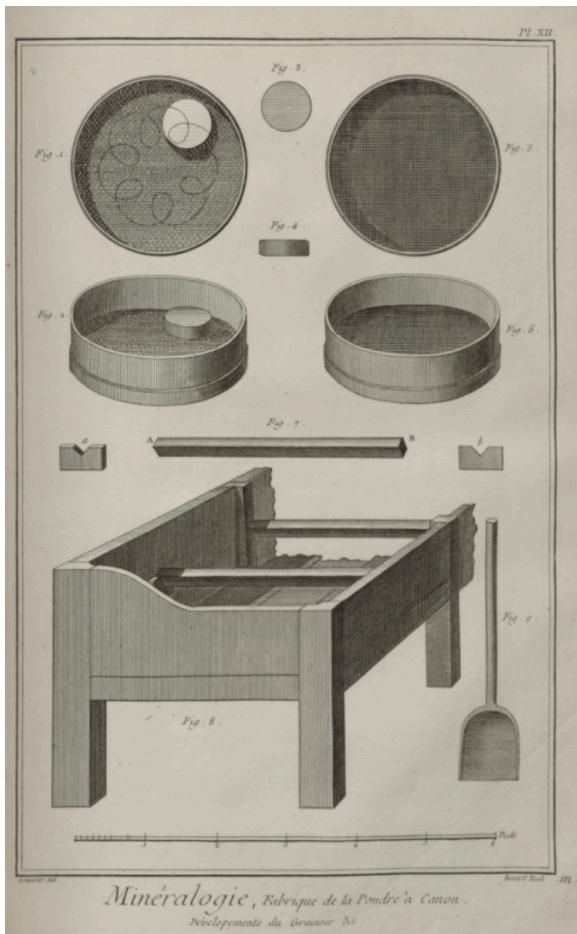


*Minéralogie, Fabrique de la Poudre à Canon.
Élevation transversale du Moulin à Meules rotatives.*

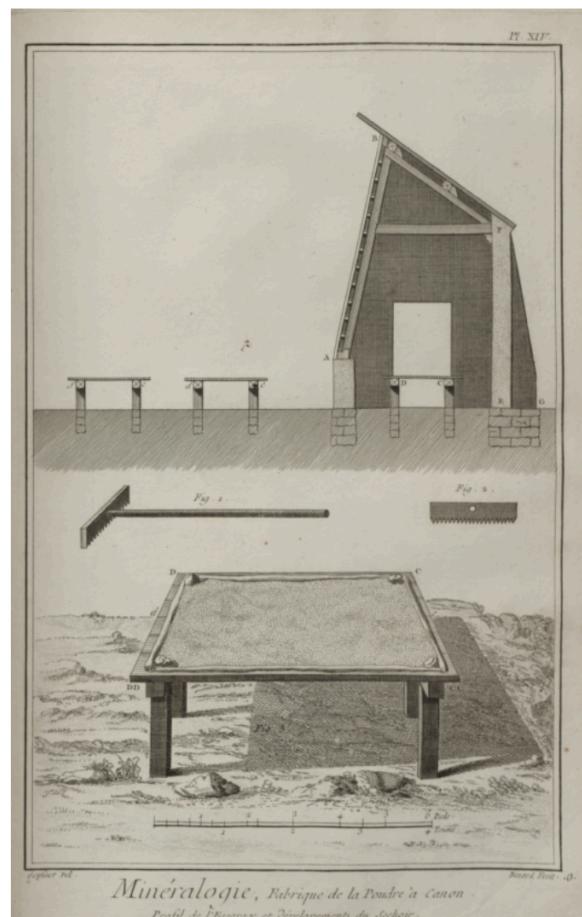


*Minéralogie, Fabrique de la Poudre à Canon.
Vue perspective de l'intérieur du Moulin à meules rotatives.*

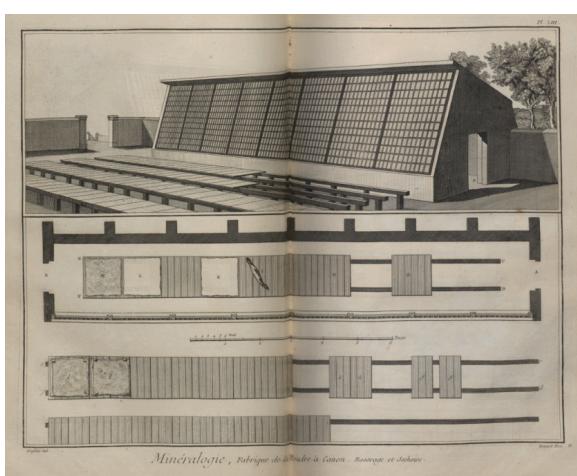




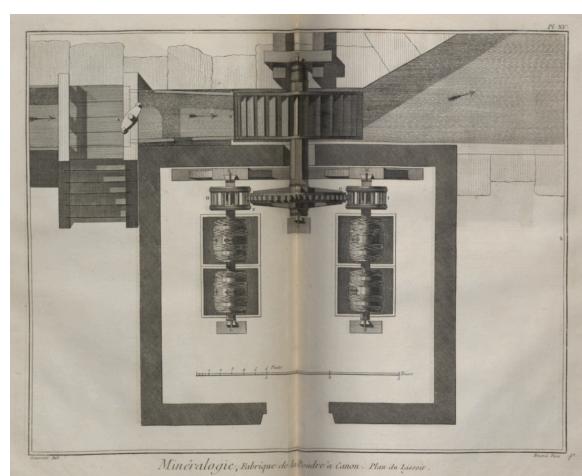
*Minéralogie, Fabrique de la Poudre à Canon.
Développement du Gruauoir &c.*



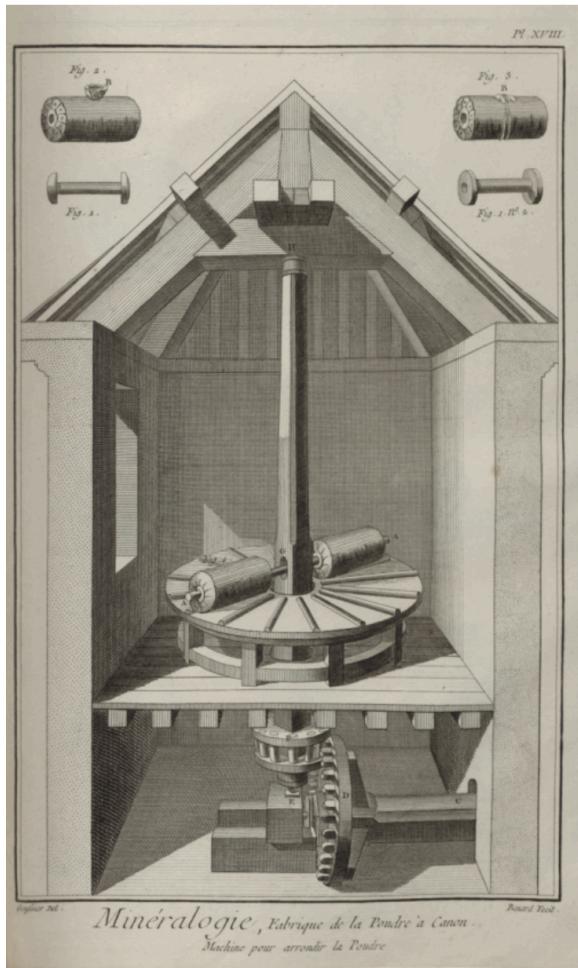
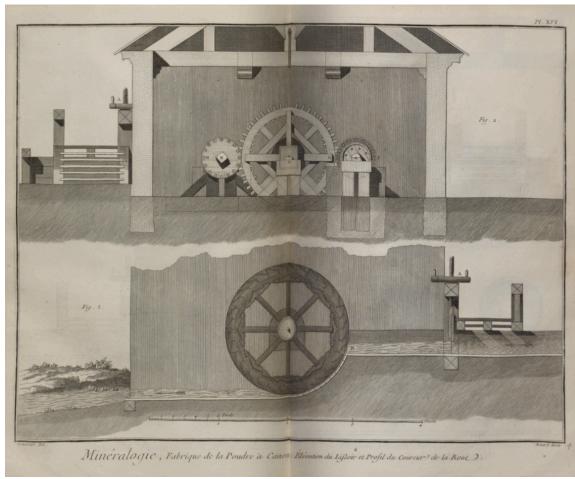
*Minéralogie, Fabrique de la Poudre à Canon.
Profil de l'Écurage et Développement du Séchoir.*

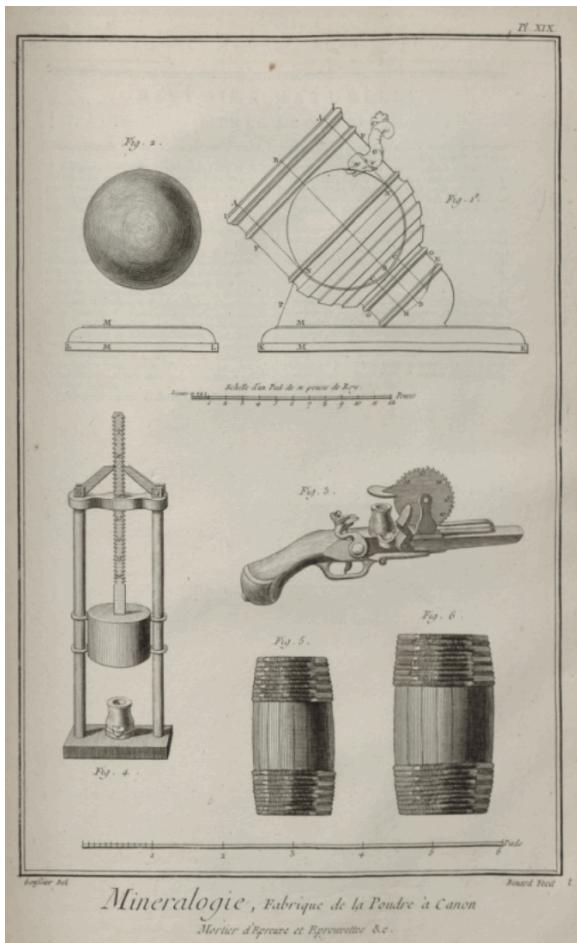


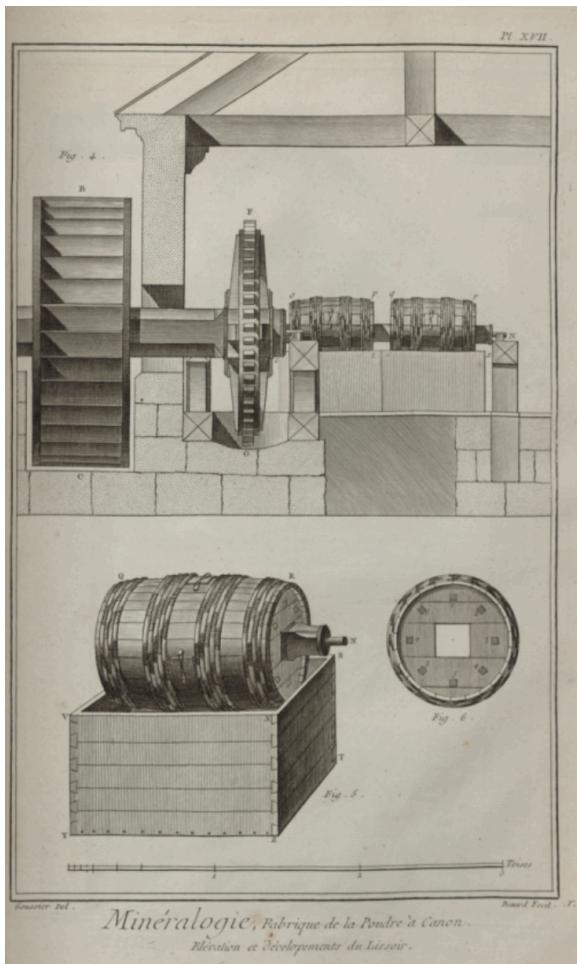
Minéralogie, Fabrique de la Poudre à Canon. Recouvre et Séchoir.



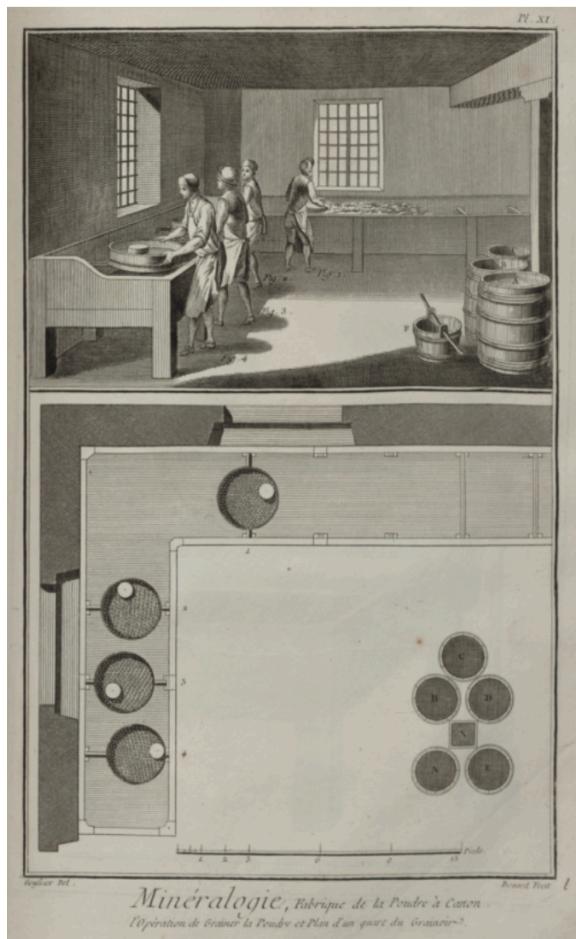
Minéralogie, Fabrique de la Poudre à Canon. Plan de l'assise.







*Minéralogie Fabrique de la Poudre à Canon.
Elevation et développement du laveur.*



Minéralogie, Fabrique de la Poudre à Canon.
L'Opération de Granuler la Poudre et Plus d'un quart du Granulateur.

Glossaire

Sources : CNRTL, Grand Dictionnaire Terminologique (office Québécois de la langue française), Dictionnaire de l'académie française

Alluchons : Dent d'une roue d'engrenage. Les alluchons peuvent se monter dans des alvéoles pour être amovibles.

Auge : Récipient creux destiné à l'alimentation ou à l'abreuvement des animaux domestiques, mais peut également désigner un conteneur utilisé en maçonnerie pour mélanger des matériaux comme le plâtre ou le ciment. (Source : académie française)

Bief : Canal qui conduit l'eau d'une rivière ou d'un ruisseau sur une roue hydraulique pour la faire tourner

Chevillage à la tire : Procédé destiné à resserrer fortement un assemblage à tenon et mortaise et qui consiste à percer dans la mortaise et dans le tenon des trous décalés de telle sorte que la cheville qu'on y enfonce assujettit les pièces assemblées.

Chevron : Pièce de bois équarrie sur laquelle sont fixées les lattes soutenant la couverture d'un bâtiment, et généralement opposée à une pièce semblable avec laquelle elle forme un V renversé.

Coupe d'onglet (assemblage à) : Extrémité d'une pièce de bois qui forme un angle de 45° au lieu d'être terminée à angle droit. La coupe d'onglet est souvent employée dans les assemblages d'angles pour des raisons d'esthétique.

Demi-rond : Moulure de section demi-circulaire

Entrait et faux-entrant : Poutre horizontale d'une charpente qui forme la base de la ferme de comble et qui empêche l'écartement des arbalétriers

Ferme : Assemblage de pièces de bois ou de métal destinées à porter le faîte d'un toit

Flipot : Pièce de placage de forme étroite et allongée, destinée au bouchonnage des fentes.

Fuseau : Le fuseau est un type de récepteur de couple utilisé dans les engrenages des moulins, permettant de transmettre le mouvement de la roue à d'autres mécanismes, essentiel pour le fonctionnement des moulins à eau et à vent.

Mi-bois (assemblage à) : L'assemblage à mi-bois consiste à réduire la section de deux pièces de bois de moitié à leur intersection pour permettre un chevauchement, offrant ainsi une continuité tout en étant un bon exercice pour les débutants en menuiserie.

Plinthe : Bande de finition que l'on pose le long de la base d'un mur pour cacher la jonction entre le parquet et le mur, et pour protéger celui-ci.

Queue d'aronde : La queue-d'aronde est un type de liaison mécanique entre deux pièces, où un tenon en forme de trapèze s'insère dans une rainure correspondante, permettant un assemblage solide, souvent utilisé en menuiserie et charpenterie.

Roue « par-dessous » : Roue à aubes qui reçoit l'eau à sa partie inférieure.

Rouet : "Appareil muni d'une roue actionnée par une pédale, utilisé pour filer la laine ou le lin, mais il désigne également une petite roue sur certaines armes à feu anciennes, ainsi que des éléments en mécanique et en architecture." (Source : académie française)

Tourte : (On trouve parfois lanterne dans la documentation)

Vanne : Sorte de porte de bois dont on se sert aux moulins, aux écluses des rivières, etc et qui se hausse ou se baisse pour laisser aller l'eau ou la retenir.

Matériel et produits utilisés

Matériel

- gomme Muji ® (<https://france.muji.eu/products/make-up-sponges-40pcs-2300>)

Make up sponges, caoutchouc synthétique, fabriqué au Japon

- gomme Staedtler ® sans PVC 525 B20
(<https://www.staedtler.com/fr/fr/produits/crayons-et-accessoires/gommes/staedtler-525-b-gomme-525-b20/>)
- kit de micro aspiration avec filtre HEPA
- décapeur thermique Leister ®
- papier japon 11g

Produits utilisés

- éthanol
- acétone
- alcool isopropylique
- Shellsol D40
- Shellsol A
- laponite
- xanthane
- colle de poisson Kremer ®
- lycopodes
- carbonate de calcium
- klucel G
- cire microcristalline
- Siedegrenzbenzin