

**À pas feutrés. Conservation-restauration d'un tapis de feutre kazakh du XXème siècle
(Musée du quai Branly). Étude du matériau feutre et recherche d'un comblement de
lacune dans l'épaisseur du tapis.**

Mémoire de fin d'études
Soutenu par Julia Chaupin
en vue de l'obtention du diplôme de restaurateur du patrimoine
dans la spécialité Art textiles
septembre 2010

Membres du jury :

- Élisabeth MOGNETTI, conservatrice générale du patrimoine, Centre interrégional de conservation et de restaurateur du patrimoine (CICRP), présidente du jury
- Léon BAVI-VILMONT, ingénieur de recherche, Centre de recherche sur la conservation des collections (CRCC)
- Anne-Rose BRINGEL, restauratrice « arts textiles », musée de l'Impression sur étoffe de Mulhouse
- Bertrand GUILLET, conservateur en chef du patrimoine, musée d'histoire de Nantes
- Florence HERRENSCHMIDT, restauratrice « arts graphiques »
- Marie-Jose MANO, restauratrice « peinture », Istituto superiore per la conservazione e il restauro (ISCR), Rome

Rapporteurs :

Historique : Daria CEVOLI, responsable des collections Asie, musée du quai Branly

Scientifique : Dominique DE REYER, ingénieur de recherche, Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques
Christina ZOFALL-WILSON, feutrière

Restauration : Cécile ARGENTON, restauratrice « arts textiles », co-responsable de la section Arts Textiles, Inp

Remerciements

À l'issue de cette année, je tiens à remercier chaleureusement toutes celles et tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Mes rapporteurs pour leurs conseils avisés, leur soutien et leur aide précieuse,

Mme Daria Cevoli, responsable des collections Asie, Musée du quai Branly.

Mme Dominique de Reyer, ingénieur de recherche, LRMH.

Mme Christina Zofall-Wilson, Lana Stratus.

Mme Cécile Argenton, restauratrice, professeur dans la section Arts Textiles, INP.

Toutes les personnes qui m'ont apporté leurs connaissances avec tant de disponibilité,

Mme Roberte Hamayon, ethnologue et M. Jean-Luc Lambert, directeur du Centre d'études mongoles et sibériennes

Mme Anna Portisch, anthropologue, post-doctorante à l'université de Brunel, Londres.

M. Jean-François Croizé directeur commercial chez Groz-Beckert, Paris

Mme Maryline Lewandowski, et M. Philippe Vroman, enseignants chercheurs, E.N.S.A.I.T., Roubaix. Ainsi que M. Xavier Flambard, directeur de l'E.N.S.A.I.T.

Mme Stéphanie Elarbi, responsable de l'atelier de restauration, Musée du quai Branly

Mme Marie-Thérèse Chaupin, A.T.E.L.I.E.R.

Tout particulièrement et très vivement,

M. Jean-Didier Mertz et M. Michaël Guiavarc'h, ingénieurs de recherche, LRMH

Mes professeurs et les élèves de la section Arts textiles.

Mes camarades de promotion, affectueusement.

L'ensemble du personnel administratif, technique et scientifique de l'INP.

TABLE DES MATIÈRES

<i>Remerciements</i>	2
<i>Fiche d'identification de l'œuvre</i>	5
<i>Introduction</i>	6
1 HISTOIRE MATERIELLE, CONTEXTE HISTORIQUE ET ETHNOGRAPHIQUE	7
1.1 HISTOIRE MATERIELLE	7
1.1.1 <i>D'Oulan-Bator à Paris</i>	7
1.1.2 <i>Le Musée de l'Homme</i>	8
1.1.3 <i>Le Musée du quai Branly</i>	9
1.2 LES KAZAKHS EN MONGOLIE.....	10
1.2.1 <i>Un peuple d'Asie centrale</i>	11
1.2.2 <i>Une appartenance mongole</i>	11
1.2.3 <i>Une société patriarcale et pastorale</i>	13
1.3 LE ROLE DU FEUTRE CHEZ LES ELEVEURS NOMADES	14
1.3.1 <i>Archéologie du feutre</i>	15
1.3.2 <i>L'importance du feutre en Asie centrale</i>	16
1.4 LES ETAPES DE LA FABRICATION DU FEUTRE CHEZ LES KAZAKHS	17
1.4.1 <i>Les femmes, confectionneuses du feutre chez les Kazakhs</i>	17
1.4.2 <i>Du mouton à la toison</i>	18
1.4.3 <i>La préparation de la laine</i>	20
1.4.4 <i>Le feutrage</i>	21
1.4.5 <i>Le foulonnage</i>	22
1.5 LES TAPIS « SYRMAK »	23
1.5.1 <i>Significations et usages</i>	24
1.5.2 <i>Composition, motifs et couleurs</i>	25
1.5.3 <i>Techniques de fabrication</i>	27
2 ÉTUDE TECHNICO-SCIENTIFIQUE	31
2.1 PARTIE THEORIQUE	31
2.1.1 <i>La structure du poil de mouton</i>	32
2.1.2 <i>Le processus de feutrage par voie humide</i>	35
2.1.2.1 <i>Les premières recherches scientifiques sur le feutrage</i>	35
2.1.2.2 <i>Les relations entre le feutrage par voie humide et les caractéristiques de la fibre de laine</i>	36
2.1.2.3 <i>Les relations entre le feutrage par voie humide et les paramètres de sa mise en œuvre</i>	39
2.1.3 <i>Le processus d'aiguilletage</i>	40
2.1.4 <i>Conclusion de la partie théorique</i>	42
2.2 PARTIE EXPERIMENTALE	43
2.2.1 <i>La caractérisation de la toison utilisée pour la confection des éprouvettes</i>	43
2.2.1.1 <i>L'échantillonnage (zoning)</i>	44
2.2.1.2 <i>Caractéristiques morphologiques de la toison</i>	44
2.2.2 <i>La confection des éprouvettes</i>	46
2.2.2.1 <i>Feutrage par voie humide</i>	47
2.2.2.2 <i>Aiguilletage</i>	48
2.2.2.3 <i>Aspect des éprouvettes</i>	48
2.2.3 <i>Examen de surface des fibres de laine</i>	50
2.2.4 <i>Étude du réseau fibreux selon différentes méthodes d'évaluation de la porosité</i>	52
2.2.4.1 <i>Calcul théorique de la valeur de la porosité</i>	53
2.2.4.2 <i>Détermination de la perméabilité à l'air</i>	54
2.2.4.3 <i>Détermination de la cinétique d'absorption en eau par capillarité</i>	56
2.2.4.4 <i>Détermination microstructurale par porosimétrie au mercure</i>	58
2.2.5 <i>Étude du comportement hygroscopique des matériaux</i>	60
2.2.6 <i>Détermination de la résistance à la rupture par traction</i>	65
2.2.7 <i>Résultats et discussion de la partie expérimentale</i>	67
2.3 CONCLUSION GENERALE	67
3 DESCRIPTION TECHNIQUE, CONSTAT D'ETAT, DIAGNOSTIC ET PROPOSITION DE TRAITEMENT	68
3.1 DESCRIPTION.....	68
3.1.1 <i>La face</i>	68
3.1.1.1 <i>Le feutre-mosaïque dans le champ central</i>	69

3.1.1.2	Les piqûres	70
3.1.1.3	Les appliqués.....	70
3.1.1.4	Les cordelettes.....	71
3.1.2	<i>Le revers</i>	72
3.1.3	<i>L'analyse des fibres prélevées</i>	73
3.1.3.1	L'identification de la nature des fibres	73
3.1.3.2	L'identification des colorants.....	74
3.2	CONSTAT D'ETAT	75
3.2.1	<i>État général</i>	75
3.2.2	<i>Face</i>	75
3.2.2.1	Empoussièrement et décoloration des matériaux.....	75
3.2.2.2	Taches	76
3.2.2.3	Coutures décousues, lacunaires	79
3.2.2.4	Usures et déchirures du sergé des appliqués.....	79
3.2.2.5	Lacunes dans les feutres	80
3.2.2.6	Lacunes du tissu des appliqués et des cordelettes.....	82
3.2.3	<i>Revers</i>	83
3.2.3.1	Empoussièrement	83
3.2.3.2	Taches	83
3.2.3.3	Coutures décousues et lacunaires	83
3.2.3.4	Lacunes	84
3.3	DIAGNOSTIC ET PRONOSTIC.....	85
3.3.1	<i>Les altérations et dégradations dues à la mise en œuvre du tapis</i>	85
3.3.2	<i>Les altérations et dégradations dues à l'usage du tapis</i>	85
3.3.2.1	La poussière	86
3.3.2.2	Les usures, les déchirures et les lacunes du sergé de coton rouge des appliqués.....	86
3.3.2.3	L'usure des feutres et des cordelettes	86
3.3.2.4	La décoloration.....	87
3.3.2.5	Les taches	87
3.3.3	<i>Les altérations et dégradations dues à la conservation du tapis dans les collections françaises</i> ... 88	
3.4	PROPOSITION DE TRAITEMENT.....	90
3.4.1	<i>Le dépoussiérage</i>	91
3.4.2	<i>Le traitement du sergé de coton des appliqués</i>	91
3.4.3	<i>La consolidation des cordelettes, des assemblages et des mèches</i>	92
3.4.4	<i>Le traitement des lacunes des feutres</i>	92
4	INTERVENTION DE CONSERVATION-RESTAURATION	95
4.1	LE DEPOUSSIERAGE	95
4.1.1	<i>Dépoussiérage</i>	95
4.1.2	<i>Retrait des cocons, des déjections de mites et autres particules invisibles</i>	96
4.2	LA RESTAURATION DES APPLIQUES DE SERGE ET DES CORDELETTES	96
4.2.1	<i>Confection et couture des pièces de support des lacunes du sergé de coton des appliqués</i>	96
4.2.2	<i>Consolidation des cordelettes, des fils de couture, des mèches</i>	99
4.3	LES PRE-TESTS A LA RESTAURATION DES LACUNES DU FEUTRE.....	101
4.3.1	<i>Confection du feutre lacunaire</i>	102
4.3.2	<i>Confection de l'incrustation</i>	102
4.3.3	<i>Couture de l'incrustation dans la lacune</i>	103
4.3.4	<i>Test de résistance de l'intervention</i>	103
4.4	LA RESTAURATION DU FEUTRE, LE COMPLEMENT DES LACUNES DU TAPIS	104
4.4.1	<i>Confection des incrustations</i>	104
4.4.2	<i>Couture des incrustations</i>	106
4.5	LES PROPOSITIONS DE CONSERVATION PREVENTIVE.....	114
4.5.1	<i>Les conditions adéquates d'exposition et de conservation d'un tapis de feutre</i>	114
4.5.1.1	L'exposition en salle	114
4.5.1.2	La mise en réserve.....	114
4.5.1.3	La prévention contre les insectes kératinophages.....	115
4.5.2	<i>La présentation du tapis de feutre dans les salles d'exposition permanente du musée du quai Branly et sa conservation dans les réserves.</i>	115
	<i>Conclusion</i>	117
	<i>Annexes</i>	118
	<i>Glossaire</i>	141
	<i>Bibliographie</i>	144
	<i>Table des illustrations</i>	150

Fiche d'identification de l'œuvre



Vue de face. INP/G.Vanneste©

Dénomination : tapis de feutre avec un décor en appliqués de tissu de coton rouge sur la face.

Époque : première moitié du XX^e siècle.

Auteur : minorité kazakhe¹ du nord-ouest de la Mongolie.

Lieu d'origine : Mongolie.

Datation : milieu du XX^e siècle.

Matériaux : laine de mouton, poil de camélidé, coton.

Dimensions (L x l x h) : 225 x 116 x 1,7 cm.

Typologie : Tapis de feutre, « *syrmak* ».

Lieu de conservation : Musée du quai Branly.

Donation : Madame Roberte Hamayon, ethnologue.

Responsable juridique : Madame Daria Cevoli, responsable des collections Asie.

Numéro d'enregistrement INP : 2009-034

Numéro d'inventaire : 71.1980.45.1

¹ Pour la translittération des termes mongols et kazakhs nous avons suivi THEVENET, J., 1999, *La Mongolie*, Karthala (éd), Paris.

Introduction

L'œuvre choisie pour ce mémoire de fin d'études est un tapis de feutre kazakh appartenant au musée du quai Branly. Mon choix n'a pas été anodin. En effet, mon expérience personnelle m'a permis de développer une sensibilité particulière et affective pour la laine. C'est un matériau « vivant ¹ ». Son aspect, son toucher et même son odeur sont liés à des émotions, mais surtout à des rencontres toujours enrichissantes. La laine a été travaillée, utilisée par l'homme avant même la domestication du mouton. Parmi les produits de ce travail, le feutre est particulièrement intéressant, car seule la fibre de laine peut créer ce textile singulier, sans tissage et sans couture, et qui se décline sous des formes et des couleurs infinies. Les collections patrimoniales recèlent des objets en feutre confectionnés, encore aujourd'hui, par des peuples, des artistes ou des artisans de cultures très diverses. Il m'a été difficile de choisir entre un objet contemporain et un objet ethnographique. Les deux problématiques soulevaient des questions passionnantes. C'est finalement l'objet qui correspond le mieux à mon approche sensible du matériau qu'il m'a été donné d'étudier et de restaurer : un témoignage ethnographique appartenant aux peuples du feutre que sont les éleveurs nomades des immensités mongoles.

Mon travail s'articulera autour de quatre axes principaux. La première partie sera consacrée à l'histoire matérielle de l'œuvre depuis son acquisition sur un marché mongol jusqu'à aujourd'hui. Le contexte historique de sa fabrication, par une approche ethnographique, complètera la connaissance de ce type de tapis. Il m'est apparu, au cours de mes études à l'INP, que le feutre est un matériau peu et mal connu dans le milieu muséal. La seconde partie tentera, grâce à une étude technico-expérimentale, de poser les bases de la connaissance théorique du feutre tout en ouvrant des pistes de recherches pour une meilleure compréhension de son comportement par le biais de différentes expérimentations. La connaissance du matériau constitutif de l'œuvre à restaurer est en effet essentielle pour le travail fondamental de documentation avant intervention. Ainsi, l'étude technologique du tapis permettra de réaliser un constat d'état détaillé. Un diagnostic et des propositions de traitements adaptées à la nature ethnographique du tapis seront proposés en conclusion de ce troisième volet. Enfin, le dernier chapitre exposera les interventions de conservation-restauration menées sur l'objet avec, pour objectif, son exposition dans les salles du musée.

¹ « La laine est une matière vivante. C'est un moteur de civilisation » Christian Des Touches, expert lainier, décédé.

1 Histoire matérielle, contexte historique et ethnographique

Le tapis qui nous est confié par le musée du quai Branly est un tapis de feutre kazakh appelé « *syrmak* », acheté en Mongolie en 1968 pour le musée de l'Homme. Dans un premier temps, nous nous attacherons à comprendre le parcours de l'objet de la capitale mongole jusqu'à Paris. Dans un second temps, il nous a semblé judicieux de replacer le tapis, sa signification et sa fabrication dans le contexte historique et ethnographique mongol de la première moitié du XX^{ème} siècle, période probable de sa production.

1.1 Histoire matérielle

1.1.1 D'Oulan-Bator à Paris

Le tapis de feutre faisant l'objet de cette étude, a été acheté en 1968 par madame Roberte Hamayon au marché aux Puces d'Oulan-Bator, capitale de la Mongolie. Madame Hamayon est aujourd'hui une ethnologue reconnue¹. Son domaine de recherche est le chamanisme en Mongolie et dans le Sud de la Sibérie. Elle a fondé le Centre d'études mongoles et sibériennes, à l'École des Hautes Études en Sciences Sociales en 1969.

En 1968, madame Hamayon est envoyée en mission par le C.N.R.S. en Mongolie. À cette occasion, le musée de l'Homme lui confie la mission de ramener en France des objets susceptibles d'entrer dans les collections. Le directeur du musée, monsieur Millot, lui octroie une somme d'argent (2000 francs de l'époque) à cet effet. Il est laissé toute liberté à madame Hamayon quant au choix des objets à acquérir pour enrichir le fonds du musée.

¹ Toutes les informations ci-dessous m'ont été communiquées par madame Hamayon lors d'un entretien qu'elle m'a accordé devant l'objet, dans l'atelier de restauration des Arts Textiles de l'INP. Elle a pu ainsi revoir le tapis et juger de son état actuel de conservation. Hamayon, R.. *La chasse à l'âme : esquisse d'une théorie du chamanisme sibérien*, Université Paris X, société d'ethnologie, 1990, 879 p. et de nombreux articles dans la revue *d'Etudes mongoles et sibériennes*, aujourd'hui *Etudes mongoles et sibériennes, centrasiatiques et tibétaines* dont elle est la rédactrice en chef.

La Mongolie est alors sous le régime socialiste communiste, et madame Hamayon est toujours accompagnée d'un guide, monsieur Njambuu, ethnologue à l'académie des sciences d'Oulan-Bator, aujourd'hui décédé. Le marché aux Puces, en mongol *zah zeel*, marché de la bordure ou frontière, à la périphérie de la capitale Oulan-Bator, n'étant pas considéré comme une vitrine idéale pour la représentation de la vie sous un régime communiste, madame Hamayon n'est pas autorisée à le visiter. Cependant, son guide l'emmène sur ce champ boueux où il lui conseille d'acheter le tapis de feutre coloré étudié dans ce mémoire, qu'il décrit comme un tapis typique de la minorité kazakhe du nord-ouest de la Mongolie. Selon madame Hamayon, c'est la première fois qu'elle rencontre ce type de tapis. Et elle n'en a plus revu de semblable lors de son voyage à travers la Mongolie.

Une fois sa mission accomplie, madame Hamayon est confrontée à des difficultés administratives et se trouve dans l'impossibilité d'emporter les objets collectés. Ils sont alors entreposés dans l'une des salles de l'ambassade française d'Oulan-Bator, située dans une suite de l'hôtel Oulanbator, le seul hôtel autorisé aux étrangers. Les objets restent dans cette salle jusqu'en 1979. C'est alors par le biais de la valise diplomatique que les objets arrivent finalement au musée de l'Homme.

1.1.2 Le Musée de l'Homme

Lors de son entrée dans les collections en 1980, le tapis est photographié¹ et inscrit à l'inventaire, sous le numéro 980.45.1. Il est probable qu'il ait subi un premier traitement contre les mites par congélation². En effet, dans les années suivant son arrivée, il a été conservé au bas d'une armoire, enveloppé dans un emballage en plastique portant l'inscription « congélation ». Depuis son entrée dans les collections nationales, cet objet n'a jamais été exposé.

¹La photo ektachrome se trouve en annexe p. 119. Elle ne comporte aucune date.

² Entretien avec madame Daria Cevoli le 29 octobre 2009.

1.1.3 Le Musée du quai Branly

Inauguré le 23 juin 2006, le musée du quai Branly naît à l'initiative du président de la République Jacques Chirac. Les collections sont constituées de la fusion des collections du musée national des arts d'Afrique et d'Océanie et de celles du laboratoire d'ethnologie du musée de l'Homme. Depuis son ouverture, une politique d'acquisition a permis d'enrichir le fonds.

Entre 2001 et 2004, le musée du quai Branly effectue un chantier des collections. Cette opération a permis d'organiser les collections, comme d'en sauvegarder et d'enrichir la documentation. Les objets ont été étiquetés par code barre et archivés sous TMS¹. Des équipes de conservation ont effectué les prises de mesures, le dépoussiérage² des objets, les prises de vue, ainsi que la désinsectisation par anoxie. Le catalogue des objets est aujourd'hui en ligne ; il garantit l'accessibilité et la diffusion internationale de cette collection.

Le tapis « *syrmak* » faisant l'objet de ce mémoire a suivi ce même parcours avant de trouver sa place dans les réserves du musée.

Dans le dossier d'œuvre, le tapis est défini comme un « *shirdeg* » kazakh. Or cette appellation est utilisée par un autre peuple d'Asie centrale, les kirghizes, également pour désigner des tapis de feutre à décor « positif-négatif ». Les Kazakhs nomment, eux, leur tapis « *syrmak* ». Ces deux productions étant très semblables, la confusion des noms est aisée.

Les « *syrmak* » des Kazakhs de Mongolie ne diffèrent en rien de celle des Kazakhs du Kazakhstan. L'histoire des Kazakhs de Mongolie, minorité musulmane dans un pays à majorité bouddhiste mérite que l'on s'y attarde.

¹ The Museum System est une base de donnée spécialement conçue pour les musées. Elle permet de cataloguer, d'enregistrer les pièces et de leur assigner une fiche signalétique complète. Le système permet également de répertorier le mouvement des œuvres.

² Il faut remarquer que le dépoussiérage de chaque objet se fait dans le cadre d'une campagne globale et non d'un traitement individuel de chaque objet.

1.2 Les Kazakhs en Mongolie¹

La Mongolie, grande comme près de trois fois la France, se situe à l'extrémité orientale de l'Asie centrale. Elle est bordée au nord par la Russie et sur les trois autres côtés par la Chine (fig. 1). Il y a peu de terres arables dans cet immense territoire montagneux et couvert de steppes, dont l'aridité croît vers le Sud. Balayée par des vents violents et éloignée de toute influence maritime, la Mongolie connaît un climat purement continental³.



fig. 1. La Mongolie en Asie du Sud-Est. Leclerc©².

La Mongolie fut le centre de l'Empire mongol au XIII^e siècle, à son apogée sous Gengis Khan. Ensuite, elle est dirigée par la dynastie chinoise des Mandchous jusqu'en 1911, date de son indépendance en tant qu'entité politique. De nombreux groupes ethnolinguistiques forment sa population. Les groupes du Nord se rattachent aux peuples sibériens, et ceux du Sud aux chinois. L'ethnie majoritaire est celle des Khalkas, l'ethnie qui, sous Gengis Khan, domina une grande partie de l'Asie centrale. L'ethnie kazakhe de Mongolie forme la minorité la plus importante du pays. Les Kazakhs occupent les régions du nord-ouest de la Mongolie. C'est la seule ethnie à conserver, encore aujourd'hui, ses traditions, malgré les vicissitudes de l'Histoire. Cette situation s'explique par le contexte politique et économique de la Mongolie socialiste des années cinquante, et l'importance que le gouvernement accorde alors aux coutumes pastorales et nomades des Kazakhs.

¹ Voir FINKE, P., 2005, *Nomaden im Transformationsprozess : Kasachen in der post-sozialistischen Mongolei*, Kölner ethnologische Studien, vol 29, Lit (éd), Münster, pp.43-66, L'ouvrage de Peter Finke revient sur les structures sociales et économiques des Kazakhs de l'ouest de la Mongolie pendant la période socialiste. L'auteur fait une synthèse de l'histoire de cette ethnie au travers des mouvements de population, en se concentrant sur leur caractère d'éleveurs nomades.

² <http://www.tlfq.ulaval.ca/axl/asie/image/Mongolie-mapS.gif>.

³ THEVENET, J., 1999, *La Mongolie*, Karthala (éd), Paris, p.105. Cet ouvrage donne à voir l'histoire de la Mongolie ainsi qu'une étude économique, politique, sociale et culturelle de la Mongolie des années 1990.

1.2.1 Un peuple d'Asie centrale

Les Kazakhs apparaissent pour la première fois au XIV^e comme membres de la confédération Ouzbek¹. Au siècle suivant, ils s'en séparent et occupent les steppes qui correspondent au Kazakhstan d'aujourd'hui. Pendant la première moitié du XVIII^e siècle, une partie des Kazakhs se met sous la protection du Tsar russe, pour se prémunir des Oïrats, peuple originaire de la Sibérie méridionale². En échange de cette protection, une première immigration russe arrive dans la région, ce qui pousse les Kazakhs à chercher des terres plus loin. Une forte migration de Kazakhs a lieu vers la Chine. Elle se poursuit jusqu'au XX^e siècle car la révolution russe d'octobre et la collectivisation poussent des centaines de milliers de Kazakhs hors du Kazakhstan, devenu un état socialiste.

Dès les années 1860, les premiers Kazakhs franchissent la frontière entre la Chine et la Mongolie extérieure. Ils s'installent sur une petite bande de terre frontalière, au-dessus du fleuve Khovd. D'après Carruthers³, cette région du nord-ouest de la Mongolie est alors très faiblement colonisée et peu peuplée.

1.2.2 Une appartenance mongole

L'indépendance de la Mongolie est la cause de nouveaux déplacements de populations kazakhes. En 1912, de nombreux Kazakhs fuient le nouveau régime socialiste mongol. Pourtant, ils ne fuient pas vers la Chine, mais en direction de l'Altaï russe. À leur retour en Mongolie, quelques années plus tard, fuyant le communisme russe, ils s'installent dans la région ouest. De la Chine, les Kazakhs arrivent également en Mongolie dans les années 1930 et 1940, après que les tensions avec le pouvoir chinois s'avèrent trop fortes. Ainsi en 1940, le district mongol de Bayan-Ölghii est-il créé, probablement car les Kazakhs y constituent déjà la majorité de la population.

¹ Le nom ouzbek ne renvoie pas à une ethnie mais à un groupement de tribus turco-mongoles au début du XIV^e siècle. Elles se sont différenciées des Kazakhs au sujet d'une allégeance que les unes ont acceptée et les autres refusée. Dès lors que cette confédération tribale a conquis plusieurs des villes de l'actuel Ouzbékistan, le terme ouzbek a été associé au pouvoir politique et militaire (<http://www.irenees.net/fr/fiches/experience/fiche-experience-194.html>).

² En 1207, Gengis Khan, proclamé depuis l'année précédente empereur, envoyait son fils aîné à la conquête des peuples de la forêt de la Sibérie méridionale. C'est ainsi que les Oïrat, qui nomadisaient le long de l'Eniseï à l'ouest du lac Baïkal, entrèrent dans l'orbite de la confédération mongole. Restés dans leurs forêts reculées à l'écart des vicissitudes de l'empire gengiskhanide, ils profitèrent de sa déchéance au XIV^e siècle pour s'étendre plus au sud, dans les steppes de l'Altaï et du Tarbagataï, où ils s'adaptèrent alors au pastoralisme nomade. Du XV^e au XVIII^e siècle, développant leurs forces aux dépens des Mongols orientaux affaiblis par les discordes, ils menacèrent un temps de reconstituer un empire des steppes aussi redoutable que celui de Gengis Khan. (<http://www.universalis.fr/encyclopedie/oirat/>).

³ CARRUTHERS, D., 1913, *Unknown Mongolia*, 2 vol, Londres. Cet ouvrage est le récit d'un voyage entrepris au début du XX^e siècle. Il y a très peu de mention d'objets en feutre et encore moins de tapis « *syrmak* ».

Le système de collectivisation qui se met en place en Mongolie dès la fin des années 1920 est relativement empreint de mesure et de pragmatisme et est fondé sur une base écologique et sociale. Ceci peut s'expliquer par la prédominance du secteur pastoral, l'origine nomade de tous les responsables politiques, et aussi par l'impossibilité de tout contrôler dans cet immense pays.

Néanmoins, les premières tentatives de collectivisation qui commencent entre 1928 et 1932, sont mal acceptées. Les nomades réagissent par des massacres de troupeaux entiers, parfois même avec une résistance armée, si bien que cette première expérience est arrêtée. Jusque dans les années 1950 la mainmise de l'état sur le secteur de l'élevage reste donc faible. La deuxième tentative de collectivisation, qui commence à la fin des années 1950, est suivie de faits. Le gouvernement encourage la construction d'infrastructures, comme celle de puits et d'abris. Il crée des avantages financiers sous forme de crédits et d'avantages fiscaux pour inciter les éleveurs à venir volontairement à la collectivisation. Avec les années 1960, la collectivisation est, pour l'essentiel, achevée. Tous les éleveurs appartiennent alors à une des communautés nommées « *negdel* ». Elles ressemblent, dans leurs structures, aux kolkhozes soviétiques, où le bétail et les autres biens appartiennent à l'ensemble des membres. De par la spécialisation imposée par l'économie socialiste, les bêtes sont partagées selon les espèces, les sexes et les âges. De même, les éleveurs doivent fournir des quantités fixes de produits animaliers et de jeunes animaux à l'Etat, en échange de quoi ils reçoivent un salaire mensuel et jouissent d'avantages comme la retraite, les soins médicaux et l'approvisionnement en produits commerciaux. À côté des animaux élevés dans le cadre collectif, chaque éleveur a droit à un troupeau privé de 75 bêtes. En réalité, la plupart des familles ont un troupeau plus modeste. Toutefois quelques familles possèdent plus de bétail qu'elles n'y sont autorisées. Dans ce cas, une partie des bêtes est dissimulée soit en les attribuant à un autre, soit en versant des pots-de-vin aux contrôleurs¹.

La province de l'Ouest a la réputation d'être traditionnelle et conservatrice. La région est loin de la grande ville, et les structures tribales s'y sont fortement maintenues.

Aucun auteur ne parle d'oppression politique subie par les Kazakhs. Ils ont les mêmes droits que les Mongols. Bien au contraire, l'état mongol les a protégés. Ainsi de nombreux Kazakhs fuient-ils la Chine pour venir s'installer en Mongolie ; l'état mongol n'interfère que peu dans les affaires de la province. Celle-ci reste plus ou moins autonome, même si il n'y a

¹ FINKE, P., 2004, « Le pastoralisme dans l'ouest de la Mongolie : contraintes, motivations et variations », dans *Cahiers d'Asie centrale*, numéro 11/12, Les Montagnards d'Asie centrale, pp. 250-251. Cet article est une étude préalable à l'ouvrage de FINKE, 2005.

jamais eu d'officialisation. Les Kazakhs ont petit à petit accès aux postes de responsabilité, et cela contribue à la relative autonomie de la province, même si c'est aux dépens d'autres ethnies, plus minoritaires.

Aucune statistique concernant les Kazakhs en Mongolie n'est disponible pour la première moitié du XX^e siècle. En 1956, alors que leurs migrations ont pris fin, ils représentent 4,3 % de la population de Mongolie. Dans les années qui suivent, cette proportion augmente en fonction de l'augmentation de la population. En 1979, ils représentent près de 5,3% de la population mongole.

1.2.3 Une société patriarcale et pastorale

La langue kazakhe appartient au groupe nord-ouest des langues turques. En Mongolie, les Kazakhs parlent le dialecte du Sud du Kazakhstan, comme les Kazakhs de Chine. Ils sont de confession musulmane (sunnite). La société kazakhe est patriarcale. Le père a non seulement tous les droits sur sa femme, mais aussi sur ses enfants, (même quand ils sont mariés). Son autorité s'étend aussi jusqu'aux brus et aux gendres. Les sociétés nomades sont extrêmement dépendantes de l'environnement et du climat dans lesquels elles vivent. Les civilisations des steppes, comme les Kirghiz, les Kazakhs et les Mongols, reconnaissent des droits aux femmes car dans ces climats rudes, la survie du groupe dépend de chaque individu. Par conséquent, les femmes kazakhes sont actives et mènent une vie relativement indépendante. En général, elles gardent en propre les profits tirés de leur travail de transformation du lait et de la laine¹.

Le terrain accidenté et le climat rude ont toujours limité les choix économiques des populations. L'agriculture n'est praticable qu'en de très rares endroits. La majorité de la population vit donc grâce à l'élevage pastoral.

Comme dans le reste du pays, les « cinq museaux »² (chameaux, chevaux, bovins, moutons et chèvres) sont élevés dans le nord-ouest de la Mongolie. Le pastoralisme suggère que le bétail est élevé tout au long de l'année sur des pâturages en plein air. Afin d'assurer un apport nutritionnel suffisant aux animaux, les éleveurs doivent changer de pâtures plusieurs fois par an. Les types de déplacements saisonniers sont très variés non seulement à l'intérieur de la Mongolie mais également à l'échelle régionale, et ils dépendent de multiples facteurs.

¹ DUPAIGNE, B., KLING, K. *Asie nomade*. Collection Maisons du monde, Hazan, Paris, 2000, pp.14-15. Cet ouvrage comporte de très belles photos accompagnées par un texte de Bernard Dupaigne, ethnologue français. Le texte est une présentation concise et précise des modes de vie des différentes tribus nomades d'Asie.

² THEVENET, 1999, p.100.

Les distances couvertes pendant les déplacements saisonniers à l'Ouest de la Mongolie sont parmi les plus longues du pays, mais leur rythme est plus régulier à cause de l'étagement de la végétation en altitude.

Comme dans beaucoup d'autres sociétés pastorales, les pâturages d'hiver sont considérés comme le lieu d'habitation de base, en partie à cause de l'existence de bâtiments permanents¹. Les pâturages d'été appartiennent à des groupes tribaux, mais il y a une grande dispersion et aucune famille ne revendique une zone particulière².

Les Kazakhs occupent une place privilégiée au sein de la société mongole, et cela est encore vrai aujourd'hui. Ainsi, ils ont conservé nombre de leurs traditions, en particulier en ce qui concerne l'artisanat. La transformation de la laine en feutre en est un bel exemple.

1.3 Le rôle du feutre chez les éleveurs nomades

Le feutre est la technique textile la plus ancienne connue à ce jour. Étant un très bon isolant, le feutre est vital pour les peuples nomades d'Asie centrale. La technique du feutre est simple et ne nécessite aucun outillage particulier. Les « *syrmak* » kazakhs en sont l'expression la plus remarquable. Ces tapis sont le fruit de la longue histoire du matériau feutre et de son utilisation. C'est donc une étude des techniques de feutrage que nous vous proposons ci-dessous après avoir rappelé l'importance historique de ce matériau.

Le dictionnaire des textiles définit ainsi le feutrage :

« Retrait, entraînant un enchevêtrement, d'une masse de fibres animales soumise à l'action de l'humidité, de la chaleur et de mouvements mécaniques. Cette capacité de retrait des fibres animales est liée à leur constitution (structure en écaille de la surface) »³.

¹ FINKE, 2004, pp.254-258.

² RYDER, M.L.. *Sheep and Man*. Londres, Duckworth, 2007 (réédition de 1983), p.261. Cet ouvrage est une étude exhaustive du pastoralisme et donc des rapports qu'entretient l'Homme avec le mouton au travers des siècles et dans le monde.

³ BAUM, BOYELDIEU, 2003, p.221.

1.3.1 Archéologie du feutre

Dans les couches archéologiques les plus profondes du site de Çatal Hüyük, en Turquie (1965), ont été retrouvés des peintures murales datant de 6500 avant notre ère, figurants des tapis bicolores. Ce type d'ornementation suggère qu'il s'agit de tapis de feutre car aucune autre technique textile utilisée à cette époque n'est capable de produire cet effet décoratif. Dans ce même site archéologique, on a trouvé également des fragments de feutre daté de 3000 avant notre ère. Mais la plus grande découverte de feutres eut lieu en 1926 dans les kourganes² de Pazyryk (fig. 2), dans le haut Altaï. Ces objets remontent à plus de cinq siècles avant Jésus-Christ. Le plus grand est un tapis de feutre de 4,5 mètres sur 6,5 mètres avec des motifs figuratifs. Il montre de formidables compétences dans la fabrication du feutre avec de la laine colorée et dans le modelé de décors complexes. Certains archéologues ont rapproché ces découvertes de celles qui ont été faites à Noin Ula, à la fin des années 1950, dans le Nord de la Mongolie (début du premier siècle avant Jésus-Christ) et qui sont attribuées à la culture des Huns. Dans les deux sites, les tapis de laine colorée sont couverts de motifs géométriques et floraux, ainsi que de représentations d'animaux affrontés et de créatures fantastiques.

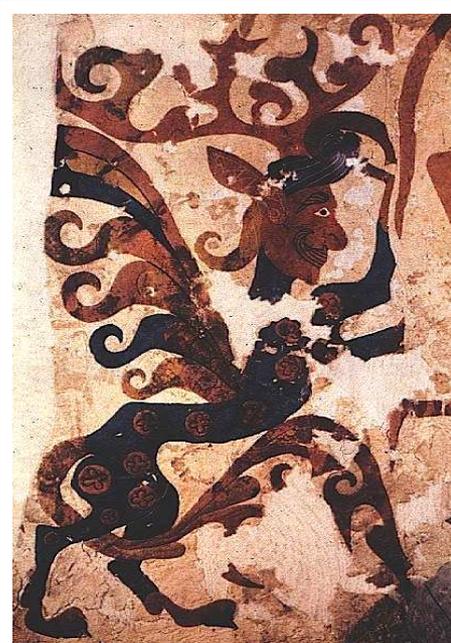


fig. 2. Décor mural, Kourgane n°5, Pazyryk. Rudenko¹.

Les objets découverts dans le haut Altaï et en Mongolie témoignent de manière récurrente des différentes techniques utilisées pour la fabrication du feutre coloré en Asie centrale : l'incrustation de motifs, la broderie et les motifs découpés dans des feutres de couleurs contrastées. Les découvertes démontrent que l'usage du feutre était certes cérémoniel, mais avant tout quotidien.³

¹ GENSE, 1994, fig.25, annexes, p.n.d.

² Kourgane : désignation russe des tumulus. Dans ce contexte, c'est un tertre funéraire Scythe.

³ TURNAU, I. *Hand-felting in Europe and Asia, from Middle Ages to the 20th century*. Institut d'archéologie et d'éthnologie (éd), Varsovie. 1997, pp.9-10. Cet ouvrage est une référence pour l'histoire du feutre en Europe et en Asie. Cependant l'auteur concentre essentiellement son étude sur l'Europe. La partie consacrée à l'Asie est moins étoffée. En ce qui concerne les tapis « *syrmak* », Madame Turnau donne peu d'informations. Elles-mêmes sont parfois en contradiction avec les autres sources que nous avons consultées.

1.3.2 L'importance du feutre en Asie centrale

Alors que le feutre artisanal est, en Europe, une application marginale et qu'il est remplacé, à l'ère industrielle, par une production mécanique, il a survécu jusqu'à aujourd'hui dans beaucoup de pays d'Asie centrale.

Géographiquement, la production du feutre est une caractéristique principale de l'Asie centrale : du Moyen Orient au



fig. 3. La fabrication du feutre chez les Mongols¹.

Caucase, en passant par l'Iran, l'Afghanistan, le Turkménistan, l'Ouzbékistan, le Tadjikistan, le Kirghizistan, le Kazakhstan, la partie nord et partiellement centrale de l'Inde, le Tibet, la Chine avec l'est du Turkestan et la Mongolie (fig. 3). Au nord de cette zone, la fourrure est le moyen de se protéger du froid, alors que le climat plus clémente du sud ne nécessite pas de telles précautions.

Dans l'ouvrage « Histoire secrète des Mongols »² du XIII^e siècle, qui raconte l'épopée gengiskhanide, on rapporte que Gengis Khan se fit proclamer Khan de « tous ceux qui habitent la tente de feutre ». La yourte³ apparaît comme une spécificité du monde nomade. Elle est érigée en symbole d'appartenance, même dans un contexte politique⁴.

La yourte et sa couverture viennent spontanément à l'esprit lorsque l'on évoque le feutre. Néanmoins, ce matériau sert à la confection de bien d'autres objets usuels : tapis, vêtements, bottes, chapeaux, selles, sacs. Il se décline sous des formes, des aspects et des couleurs infinies. Les Kazakhs ont toujours fabriqué d'impressionnants tapis décorés, mais aussi un grand nombre de petits accessoires en feutre, comme des tentures et des petits sacs. Tous ces objets décorent tant les intérieurs des habitats permanents, que les yourtes des bergers. Plusieurs régions du Kazakhstan, et en particulier celles du Sud et de l'Ouest, ont développé trois types de tapis, appelés « tekemet », « tuzgiz » et « syrmak »⁵. Les « tekemet » sont les tapis les plus grands et les plus lourds. Ils servent à isoler le sol des maisons et des

¹ BERGER, BARTHOLOMEW, 1995, fig 15a, n.d.

² Il s'agit de la première œuvre littéraire de la culture mongole. Elle a été écrite peu après la mort de Gengis Khan, en 1227, par un auteur anonyme. POP, R., EVEN, M-D., *Histoire secrète des Mongols. Chronique mongole du XIII^e siècle*. Gallimard, Paris, 1994, 350 pages.

³ Habitation mobile, comme une tente, en feutre de forme circulaire.

⁴ GENSE, G.. *Les tapis de feutre Kazakhs et turcomongols : technologie et usages*. Maîtrise d'ethnologie sous la direction de GOKALP, A., Université de Nanterre-Paris X, Nanterre, 1994., pp.25-26. Cette étude des « syrmak » est une approche ethnologique et il y a peu d'informations technologiques.

⁵ TURNAU, 1997, p.80.

yourtes. Techniquement, le décor géométrique ou floral est ajouté lors du feutrage d'une grande pièce de feutre préfeutrée. Souvent, ils sont ornés de franges rouges. Les « *tuzgiz* » sont des tentures murales qui font partie de la dot de la mariée. Il s'agit d'une pièce de feutre entièrement décorée d'appliqués de feutre, de tissus ou de velours. Parfois ils comportent des motifs en fils métalliques¹. Nous consacrons la dernière partie de ce chapitre aux « *syrmak* ».

1.4 Les étapes de la fabrication du feutre chez les Kazakhs

La tradition du feutre s'est maintenue en vie pendant la période socialiste, surtout portée par des groupes ethniques kazakhs du nord-ouest de la Mongolie qui ont conservé leur mode de vie nomade². Bien que la technique de fabrication du feutre soit la même partout, certaines différences peuvent être dégagées. Ici, nous nous intéressons aux techniques mises en œuvre chez les Kazakhs où toutes les opérations doivent se faire dans la journée sinon le feutre est dit « gâché »³.

Les sources sur lesquelles nous appuyons notre étude sont malheureusement contradictoires et incomplètes⁴. Nous en avons fait ci-dessous une synthèse.

1.4.1 Les femmes, confectionneuses du feutre chez les Kazakhs

La fabrication du feutre et, plus généralement, le travail de la laine, une fois la tonte accomplie, est le fait des femmes. Toutes les femmes y participent, grand-mères, mères et filles⁵. Il y a, néanmoins, une certaine division du travail qui est essentiellement liée à la force physique. En effet, dans la fabrication du feutre, le corps humain est l'outil principal. Ainsi, les personnes âgées et les enfants font-elles les tâches les plus simples et les moins éprouvantes alors que les femmes mûres s'attribuent le gros de l'ouvrage⁶. Les femmes de plusieurs familles se réunissent pour la fabrication du feutre. De même, les voisines ou les visiteuses de passage sont invitées à participer. L'approvisionnement annuel en laine est traité

¹ TURNAU, 1997, p.80.

² PAETAU SJOBERG, G., 1995, *Filzen : alte Tradition, modernes handwerk*, Haupt (éd), Berne, pp.34-51. Dans cet ouvrage l'auteur donne les informations qu'elle a recueillies lors de voyages en Mongolie.

³ TURNAU, 1997, p.97 ; RYDER, 2007, p.265.

⁴ Nos connaissances propres et notre expérience nous ont permis de remarquer que certaines descriptions montrent que les observateurs-auteurs n'ont pas réellement expérimenté la technique du feutre. Parfois, ils oublient ou passent rapidement sur des étapes essentielles à la confection du feutre.

⁵ GENSE, 1994, p.42, PAETAU SJOBERG, 1995, p.45, DUPAIGNE, 2000, p.49.

⁶ GENSE, 1994, p.43.

sur un ou plusieurs jours ce qui requiert la concentration des efforts de tout le groupe, supervisé par un de ses membres, au savoir-faire reconnu¹.

Les hommes ne *font* pas le feutre². Bien qu'aucun auteur ne parle de tabou, la possibilité pour les hommes de travailler le feutre est un sujet de moquerie : les hommes rient et disent qu'ils n'ont pas le savoir-faire, les femmes se moquent des hommes qui essaient d'interférer dans le travail des femmes ; ils auraient une nature efféminée³. Une des raisons de ce partage hommes/femmes se trouve dans l'ouvrage du musée des Cultures de Bâle⁴ : le feutre est utilisé uniquement pour des besoins domestiques (ce qui est une des responsabilités des femmes), et non pour le commerce ni même pour l'échange.

1.4.2 Du mouton à la toison

Les sources montrent que les Kazakhs utilisent de la laine d'agneau et de mouton pour la confection du feutre⁶.

Les moutons les plus communs en Mongolie et au Kazakhstan sont les moutons à croupion et les moutons à queue grasse⁷. Depuis le début du XXe siècle, les moutons à croupion de la race karakul (fig. 4), plus connue sous l'appellation d'astrakan, sont



fig. 4. Moutons Karakul, Afghanistan. O. Thieme©⁵.

majoritaires dans toute l'Asie centrale. Les moutons karakul ont une longue queue en forme de S où sont contenues des réserves de graisse qui lui permettent de résister aux mois les plus arides et les plus rigoureux où la nourriture se raréfie. Leur toison est de couleur très variée :

¹ TURNAU, 1997, pp.57-58.

² PORTISCH, courriers électroniques des 23 et 29 octobre 2009. Anna Portisch étudie l'apprentissage des savoir-faire basé sur la pratique, la production artisanale et la culture matérielle de la population kazakhe de Mongolie. Ses études anthropologiques sont basées sur un travail de terrain d'un an dans une famille kazakhe, en Mongolie. Elle a participé à la confection de « *syrmak* », du travail du feutre à celui de la couture. Elle nous a donné beaucoup d'informations précieuses lors d'échanges de courriels. Les parties consacrées à la technique de fabrication des « *syrmak* » sont essentiellement basées sur ces informations. Mme Portisch est post-doctorante à l'université de Brunel à Londres et intervenante à la School of oriental and African Studies, Londres.

³ PORTISCH, courriels des 23 et 29 octobre 2009.

⁴EICHEBERGER FUHRER, C.A., FREY NÄF, B., GLOOR, V., LANG M., SCHWEIGER, A., 2007, *Filz*, Museum der Kulturen, Swabe AG, LANG, M. (éd), Bâle, p.35. Cet ouvrage sur le feutre est très complet. Malheureusement aucun chapitre n'est consacré au Kazakhstan. DUPAIGNE, 2000, pp.14-15.

⁵ Référence non définie.

⁶ Les autres fibres animales trouvent également un usage. Les poils de chameau sont filés et tricotés, et ils servent pour la confection de fils de couture. Les poils de yack et de cheval sont filés pour faire des cordes utilisées pour nouer la natte. PORTISCH, courriels des 23 et 29 octobre 2009

⁷ RYDER, 2007, p.263.

blanche, noire, grise, brune ou rousse. Ce sont des moutons à laine mixte, c'est-à-dire que la toison comporte de la laine¹ et du jarre². La qualité de la laine varie en fonction de sa disposition sur le corps du mouton. Ainsi la laine des flancs et des épaules est celle qui est la plus exempte de jarres, donc de meilleure qualité. La laine sous le ventre est parfois jetée, tant elle est incrustée et sale : inutilisable³.

Les moutons sont tondus en général deux fois par an aux forces, de grands ciseaux servant à couper la laine à ras sur le dos du mouton⁴. La laine de la tonte d'automne est choisie principalement pour la fabrication du feutre. Mais il peut y avoir des mélanges. Si la quantité de laine n'est pas suffisante, les Kazakhs y ajoutent de la laine de printemps (conservée déjà battue dans des sacs). La fabrication du feutre se fait donc après la seconde tonte, à la fin de l'été, ou au début de l'automne, bien que la laine soit plus courte et plus fine. On y mélange un peu de la laine longue d'hiver ou des poils de chameau ou de yack⁵.

Pour la réalisation de 130 kilogrammes de feutre, il faut environ 180 moutons, donnant chacun 1 à 1,5 kilogramme de laine. C'est la quantité de laine nécessaire à la réalisation du recouvrement d'une yourte. C'est un chiffre énorme et très peu de familles possèdent un tel cheptel. La plupart des yourtes abritent donc jusqu'à trois générations d'une même famille⁶.

Le lavage de la laine est très peu documenté. La plupart des ouvrages n'en parlent pas. Seuls Ryder et Gérald Gense notent que la laine n'est pas lavée en toison, mais avant la tonte, sur le dos du mouton⁷. Les moutons sont lavés en rivière plusieurs fois durant l'été. Ce qui donne une laine plus propre que celle du printemps, les conditions hivernales ne permettant pas le « lavage » de la laine⁸. Cependant, il semble, qu'en général, en Asie centrale, le battage de la laine fasse office de dépoussiérage et remplace avantageusement de lavage.

¹ Laine : fibre fine. Pour la définition exacte voir p 32.

² Jarre : fibre grossière. Pour la définition exacte voir p. 32. GENSE, p.33-32.

³ PORTISH, courriels des 23 et 29 octobre 2009.

⁴ FINKE, 2005 ; GENSE, 1994, p.34 ; PORTISCH, courriel des 23 et 29 octobre 2009 ; RYDER, 2007, p.263 ; ROUNGE, V., 1989, « Handwerkstum bei den Mongolen. Filz, Leder, Holz und ihre Verarbeitung », dans HESSIG W., MULLER C. (éds), *Die Mongolen*, Munich, p.174. Cet article est très synthétique.

⁵ EICHEBERGER FUHRER, FREY NÄF, GLOOR, LANG, SCHWEIGER, 2007, p.29 ; RYDER, 2007, p.265.

⁶ GENSE, p.39.

⁷ RYDER, 2007, p.263.

⁸ GENSE, 1994, p.36 ; RYDER, 2007, p.265.

1.4.3 La préparation de la laine

Le battage de la laine se fait sur une vieille natte de jonc¹, savonnée et mouillée avant que la laine n'y soit étalée².

Un bâton sert à battre la laine, pour la débarrasser des impuretés, la rendre touffue et préparer le mélange des fibres. Dans tout le monde turc et mongol, on utilise pour cela des bâtons écorcés qui mesurent un mètre à un mètre cinquante, en général d'un bois souple comme le saule ou le peuplier³. Les femmes s'assoient sur les genoux sur la longueur de la natte, un bâton dans chaque main, et se mettent à battre la laine en cadence⁴. Cela peut durer deux heures. La laine est ainsi nettoyée de quantité de sable, terre, petits cailloux et brindilles. Après cette opération, la laine a perdu environ 15% de son poids brut. Le second but de l'opération est de rendre les fibres plus élastiques. La laine gagne en volume, les fibres fines se séparent du jarre, car elles « montent en surface ». Les jarres et poils grossiers s'enroulent autour du bâton et peuvent donc être écartés. Plus les fibres seront fines, plus elles seront élastiques, et, au moment du feutrage, elles vont s'enchevêtrer plus facilement et durablement⁵.

Quatre ou cinq femmes travaillent ensemble au battage de la laine. Les parties de toison les plus entremêlées peuvent également être cardées⁶ à la main⁷.

Une fois le battage achevé, la laine est étalée sur une natte de jonc (fig. 5). La quantité de laine employée est importante. Si la pièce de feutre désirée doit avoir un centimètre d'épaisseur, la laine disposée doit, elle, avoir une hauteur de 25 à 30 centimètres. Un feutre est composé de plusieurs couches de laine de qualité différente. D'une manière générale, la première couche est constituée de laine du printemps, plus longue et plus grossière, mêlée



fig. 5. Étalage de la laine sur la natte de jonc⁸.

parfois avec des poils de chameaux et les parties de toisons les moins belles de la tonte d'automne. Ensuite, la laine de plus belle qualité est disposée pour la dernière couche, qui

¹ PORTISCH, courriels des 23 et 29 octobre 2009.

² TURNAU, 1997, p.97.

³ GENSE, 1994, p.46.

⁴ PAETAU SJOBERG, 1995, p.36.

⁵ GENSE, 1994, p.49.

⁶ Cardage : cette opération se fait avec des cardes (planchettes de bois piquées de crochets métalliques) qui, frottées l'une contre l'autre, permettent de démêler la laine et/ou de paralléliser les fibres.

⁷ PORTISCH, courriels des 23 et 29 octobre 2009.

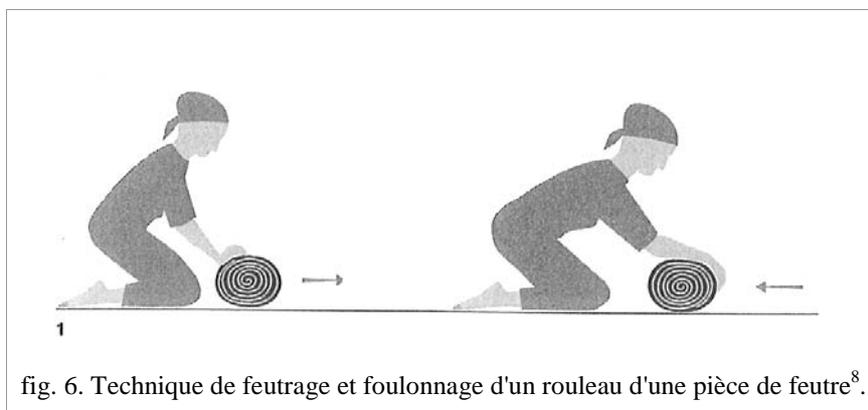
⁸ PAETAU SJOBERG, 1995, p.36.

forme la face endroit du feutre¹. Il est important, dans cette opération, que la laine soit répartie de façon très régulière, pour que l'épaisseur du feutre soit uniforme.

1.4.4 Le feutrage

Les couches de laine sont humidifiées à l'eau chaude tout le temps que dure le feutrage². Cette opération est délicate et difficile. Rona-Tas parle de 40 à 50 litres nécessaires pour une des pièces servant à recouvrir la yourte³. Seul, Gérald Gense note l'adjonction de produits pour accélérer et faciliter le feutrage : « souvent un acide, une base, ou parfois les deux sont ajoutés à l'eau. Le savon et l'urine sont le plus souvent utilisés, le savon remplaçant souvent l'urine »⁴. Dans l'ouvrage *Filzen*, l'auteur remarque que les couches centrales sont remplies avec de la laine qui n'est pas lavée et des toisons entières. Les excréments de moutons, avec le suint (acide gras) des fibres, contribuent à l'élaboration « naturelle » d'un savon⁵ qui augmente le pouvoir feutrant des fibres (voir page 85)⁶.

Une fois la laine humidifiée, la natte est roulée sur elle-même pour former un rouleau (fig. 6). Des cordes maintiennent l'ensemble fermement serré⁷.



¹ GENSE, 1994, p.48 ; PAETAU SJOBERG, 1995, p.37 ; EICHEBERGER FUHRER, FREY NÄF, GLOOR, LANG, SCHWEIGER, 2007, p.35.

² PORTISCH, courriels des 23 et 29 octobre 2009 ; PAETAU SJOBERG, 1995, p.37 ; EICHEBERGER FUHRER, FREY NÄF, GLOOR, LANG, SCHWEIGER, 2007, p.36.

³ RONA-TAS, A., 1963, « Felt-making in Mongolia », dans *Acta Orientalia Scientiarum Hungariorum*, vol 16, n°2, Budapest, pp.199-215. Ceci pour les mongols.

⁴ GENSE, 1994, p.51.

⁵ Un savon est le résultat de la saponification (mélange d'acide gras, de suint, et de forte base, comme les excréments de mouton).

⁶ PAETAU SJOBERG, 1995, p.37.

⁷ PORTISCH, courriels des 23 et 29 octobre 2009 ; GENSE, 1994, p.52.

⁸ EICHEBERGER FUHRER, 2007, p.14.

Une variante est proposée par Gense. Une seconde natte est posée sur la laine et l'ensemble (la laine, humidifiée une première fois, et les deux nattes de jonc) est ensuite roulé¹.

Une grande diversité de techniques de feutrage existe. Tout dépend de la qualité du feutre désiré. Chez les nomades kazakhs, les femmes utilisent souvent la méthode suivante : deux ou trois longues cordes sont attachées autour du rouleau. Une personne se tient au bout de la corde d'un côté et une autre à l'autre bout. Elles doivent tirer à elles le rouleau, chacune à leur tour². Les femmes peuvent également être debout ou assises, l'une en face de l'autre et battre le rouleau avec les pieds³. Durant le processus, le rouleau est déroulé régulièrement pour évaluer le stade de feutrage, ajouter de l'eau bouillante et surtout resserrer les cordes pour accompagner le retrait de la masse de fibre⁴.

1.4.5 Le foulonnage

Lorsque l'on estime que le feutre est assez congloméré et qu'il forme une matière qui ne se déchire pas, la natte est déployée. Sur cette natte, le feutre, roulé sur lui-même, est travaillé à la main⁶ (fig. 7). Les femmes s'assoient sur les genoux, côte à côte face au rouleau. Elles appuient les paumes de leurs mains sur le dessus du rouleau et, d'un même mouvement, elles le font rouler jusqu'à leurs coudes en se penchant en avant⁷. Parfois un pieu est disposé comme butoir⁸. Puis le rouleau est de nouveau roulé jusqu'aux paumes des mains, et ainsi de suite dans un mouvement ample de va et vient qui demande une bonne coordination de mouvement et une grande force physique.



fig. 7. Foulonnage d'une pièce de feutre à décor d'incrustation⁵.

Les Kazakhs sont la seule ethnie à ajouter une opération. Les deux extrémités de la pièce de feutre sont cousues ensemble de manière à former un cercle fermé. La pièce est

¹ GENSE, 1994, p.52.

² GENSE, 1994, p.52-53, PAETAU SJOBERG, 1995, p.45 ; EICHEBERGER FUHRER, FREY NÄF, GLOOR, LANG, SCHWEIGER, 2007, p.13.

³ TURNAU, 1997, p.97 ; EICHEBERGER FUHRER, FREY NÄF, GLOOR, LANG, SCHWEIGER, 2007, p.13.

⁴ GENSE, 1994, p.52, TURNAU, 1997, p.97.

⁵ <http://www9.georgetown.edu/faculty/millwarj/website%20images/centralasiainages.html>

⁶ GENSE, 1994, p.53-54 ; PORTISCH, courriels des 23 et 29 octobre 2009, PAETAU SJOBERG, 1995, p.47.

⁷ GENSE, 1994, p.54, PORTISCH, courriels des 23 et 29 octobre 2009; EICHEBERGER FUHRER, FREY NÄF, GLOOR, LANG, SCHWEIGER, 2007, p.13.

⁸ GENSE, 1994, p.53.

ensuite pétrie très rapidement avec les deux mains. Ceci rend le feutre plus solide, plus régulier et plus élastique¹.

Le plus grand soin est apporté à chaque étape du processus. En moyenne un groupe de femmes kazakhs confectionne en une journée une pièce de 8 mètres sur 1,8 mètre sans aucun décor².

La technique de fabrication du feutre par les Kazakhs se caractérise essentiellement par l'emploi d'une natte de jonc comme support pour la nouvelle pièce. Chez les Mongols, le support de fabrication est une vieille pièce de feutre appelée « feutre-mère ». La nouvelle pièce est alors le « feutre-fille ». Nous ne retrouvons pas cette symbolique de l'accouchement chez les Kazakhs. Mais leurs « *syrmak* » se distinguent par leurs couleurs contrastées, les motifs qui se répondent en « positif-négatif » et l'extrême complexité du réseau des coutures.

1.5 Les tapis « *syrmak* »

De nombreux ouvrages ou articles mentionnent les tapis « *syrmak* » du Kazakhstan (fig. 8). Par leurs décors et leur technique, les « *syrmak* » kazakhs sont très semblables aux « *shirdak* » des kirghizes, et il est parfois difficile de les distinguer⁴. Les « *shirdak* » kirghizes ont peu de coutures qui traversent l'ensemble des nappes de feutre constituant le tapis. Alors que le revers des « *syrmak* » se présente comme un « quilting⁵ » ou piquage très élaboré. Les



fig. 8. Tapis "syrmak". Musée central d'Oulan-Bator, n° inv D-85c-1-64³.

décors de la face sont très semblables pour les deux types de tapis. Nous tentons une synthèse des nombreuses informations recueillies, en privilégiant les études de terrain en ce qui concerne la technique et l'usage des « *syrmak* ».

¹ GENSE, 1994, p.55.

² GENSE, 1994, p.54, TURNAU, 1997, p.97.

³ HEISSIG, MULLER, 1989, p.48.

⁴ BIDDER, 1980 ; BURKETT, 1979 ; EICHEBERGER FUHRER, FREY NÄF, GLOOR, LANG, SCHWEIGER, 2007 ; GANGLER, 2001, KANCEDIKAS, CERKASOVA, RAZINA, 1990 ; MAKSIMO, 1986, ; TURNAU, 1997.

⁵ Coutures d'assemblage de deux textiles l'un sur l'autre. Ces coutures font parfois office de décor.

1.5.1 Significations et usages

Les tapis « *syrmak* » sont l'expression d'une technique de fabrication singulière¹. Ils sont représentatifs d'un aboutissement technique et artistique sans précédent dans l'art du feutre d'Asie centrale². Les « *syrmak* » à champ central sont appelés « *syrmakding ortasy* », ils sont habituellement confectionnés pour un mariage. C'était la jeune fiancée qui fabriquait le « *syrmak* » et la tenture « *tuzgiz* » pour sa future demeure et sa belle-famille. Elle devait donner deux « *syrmak* » aux parents du marié et un à chacun de ses frères et sœurs. Aujourd'hui, c'est la mère de la fiancée, avec l'aide de nombreuses femmes de sa parenté, qui fabrique tous les tapis. De plus, le feutre n'est plus fabriqué, mais acheté. Seul l'assemblage demeure, mais il s'agit d'un travail considérable. La tradition du « *syrmak* » perdurant encore de nos jours, il est probable qu'elle était également présente dans les années cinquante³.

Selon Gérard Gense, les « *syrmak* » ne sont pas toujours disposés sur le sol de la yourte. Celle-ci se présente comme un espace très réglementé où, à chaque objet et à chaque personne, correspond une place prédéfinie. Les « *syrmak* » sont souvent pliés en carré et empilés sur les coffres derrière la maîtresse de maison. Ils sont considérés



fig. 9. Famille Kazakhe assise sur un "syrmak", Mongolie⁴.

comme des trésors, et jouent un rôle majeur lors d'évènements importants. Les « *syrmak* » ne sont généralement déployés que pour les invités, à la place des invités, c'est-à-dire à la droite du maître de la yourte si ce sont des hommes. Un dicton kazakh dit « il n'y a pas de « *syrmak* » pour divertir et égayer les invités » pour signifier l'impolitesse et le mauvais accueil⁵. Cependant, le fait qu'ils soient précieux ne contredit pas leur rôle usuel. Anna Portisch, qui a fait son étude de terrain pendant un an chez les Kazakhs de Mongolie au début des années 2000, nous dit que « la plupart des « *syrmak* » sont des tapis fonctionnels (fig. 9), pour se réchauffer quand on s'assied par terre - ils sont disposés dans la yourte et quand il y a beaucoup de visiteurs, certains peuvent dormir sur un « *syrmak* » (comme un matelas). On marche dessus avec de grosses bottes, de la nourriture et du thé (à la graisse) sont renversés

¹ TURNAU, 1997, p.80.

² TURNAU, 1997, p.83.

³ PORTISCH, courriels des 23 et 29 octobre 2009.

⁴ Référence non définie.

⁵ GENSE, 1994, p.92.

dessus, et parfois, des enfants font pipi dessus, etc. (...), (elle) parie qu'il sent encore très fort la laine d'agneau non-lavée¹ ».

Les « *syrmak* » n'ont jamais fait l'objet d'un commerce quelconque. Leur usage est exclusivement domestique. Selon certaines sources ce sont des objets de luxe comme nous pouvons le constater au Kazakhstan où ils sont rares dans les périodes difficiles. En effet, en 1926, Schneider voyagea dans le sud-ouest du pays sans voir un seul « *syrmak* ». De même, une collecte ethnographique lancée en 1956 n'en a rencontré ni dans le sud du pays ni à l'Est. Cette absence peut s'expliquer par l'exode massif des Kazakhs avec leurs troupeaux vers la Mongolie et le Xinjiang. Les groupes kazakhs ont également abattu une très grande partie de leur bétail pour qu'il ne soit pas livré à l'appropriation étatique de la collectivisation. En 1932, le cheptel ne correspond qu'au tiers de celui de 1929. De plus, nombre de familles parmi les plus riches, celles qui possédaient les « *syrmak* », ont été déportées ou exilées².

Les « *syrmak* » sont des tapis destinés à faire honneur à une personne ou à un événement, mais une fois qu'ils sont sortis, ils ne sont pas mieux considérés que tous les autres tapis de l'habitat.

1.5.2 Composition, motifs et couleurs

Les tapis « *syrmak* » sont généralement ornés de motifs géométriques (fig. 10). La caractéristique de ces tapis est leur effet « positif-négatif » formé par deux feutres de couleurs contrastées dont les motifs se répondent et s'emboîtent comme un puzzle. Les « *syrmak* » sont souvent relativement petits. Un observateur soviétique cité par Gérard Gense remarque que « l'origine des « *syrmak* » ne fait aucun doute par leurs similitudes avec les productions de feutre trouvées dans les kourganes scythes de l'Altaï. Pour

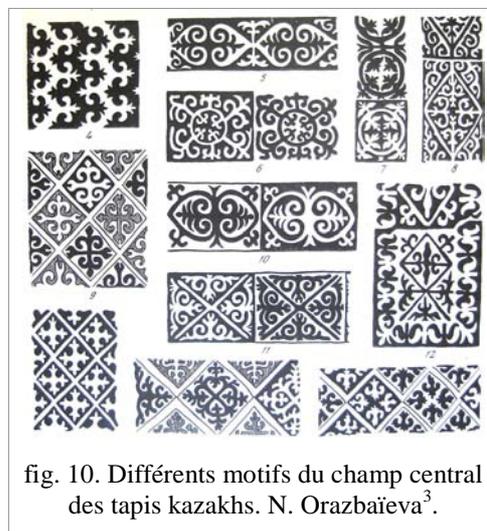


fig. 10. Différents motifs du champ central des tapis kazakhs. N. Orazbaïeva³.

décorer les feutres, les Scythes de l'Altaï recouraient aux mêmes procédés que les Kazakhs : la mosaïque de feutres teints, les applications par couture, les contours des motifs par un lacet de laine de couleur contrastée. »⁴.

¹ PORTISCH, courriels des 23 et 29 octobre 2009.

² GENSE, 1994, p.113.

³ GENSE, 1994, fig 26, annexes, p.n.d.

⁴ GENSE, 1994, p.120 ; KOCESKOV, 1973, p.142.

La composition classique d'un « *syrmak* » comporte un champ central, des bordures étroites sur les plus longs côtés et de plus larges bordures sur les petits côtés. La forme de rectangle est souvent de proportion de deux pour un¹. Les deux types de bordures latérales ont des dénominations distinctes : la longue bordure est appelée « *syrmakding basi* » et la petite bordure, « *syrmakding sheti* ». La composition repose sur l'emploi très fréquent dans le champ central du carré, du losange et du triangle². Pour Karl Jettmar, « les systèmes ornementaux de la steppe reposent sur la combinaison, d'une richesse surabondante, d'un nombre restreint d'éléments fondamentaux, pour la plupart d'une haute abstraction »³.

La technique de découpe permet d'avoir des motifs aux bords bien nets et précis, qui contrastent avec les lignes floues des tapis « *tekemet* ». Dans les productions du XX^e siècle, le dessin en mosaïque de feutre est souvent remplacé ou agrémenté d'un appliqué de tissu coloré⁴. Les décors sont très souvent des variations du motif de « cornes de bélier » et, sur les bordures, du « chien courant »⁵. La corne est l'élément le plus représenté, sous toutes ses variantes : unicolore, bicorne, quarante cornes. D'autres motifs existent : l'oeil, l'empreinte ou la bosse du chameau, les oreilles de loup, la tête du renard, celle du serpent, l'aile de l'oiseau, de l'aigle, la queue du chien, la feuille, la feuille trilobée, la branche et l'arbre. Souvent, une partie représente le tout. La signification des motifs zoomorphes n'est pas seulement d'ordre réaliste mais symbolique. Les cornes de bélier, par exemple, symbolisent, dans tout le monde turco-mongol, la force et la puissance⁶. Le tapis du musée du quai Branly est orné d'un motif de cornes de bélier appelé « *qoshqar myiiz oyu* », littéralement, motif en corne de bélier, couronné d'une section supérieure en forme de fleur de lys, en une composition appelée « *oyu toebe* », ou décor du haut⁷.

Les plus anciens « *syrmak* » sont bicolores, noir et blanc, de la couleur naturelle de la laine des moutons. Plus tard les Kazakhs ont commencé à teindre la laine, avec des colorants végétaux puis des colorants synthétiques qui ont permis un choix accru dans la palette des couleurs. Depuis longtemps les tapis ne sont plus uniquement bicolores, mais ils ne contiennent rarement plus de trois ou quatre couleurs. Les couleurs contrastées, l'une à côté de l'autre, donnent toujours un aspect « positif-négatif » au décor. Le motif apparaît une fois

¹ PAETAU SJOBERG, 1995, p.47.

² GENSE, 1994, p.135.

³ JETTMAR, 1967, p.166 ; KOCESKOV, 1973, p.143.

⁴ TURNAU, 1997, p.81.

⁵ PAETAU SJOBERG, 1995, p.47.

⁶ GENSE, 1994, p. 128, HARVEY, 2002, p.110.

⁷ PORTISCH, email du 29 octobre 2009.

en clair, une fois en foncé. Les Kazakhs utilisent des cordelettes de laine souvent formées par deux fils de différentes teintes qui participent également à la dynamique décorative¹.

Le procédé de bigarrure a pour nom « *ala kan* », ce qui signifie « le sang bigarré ». Un dicton kazakh dit : « ne convoite pas le bien d'un autre. Ne traverse pas la corde bigarrée d'un autre ». Manifestement la corde bigarrée symbolise un enchevêtrement d'énergie ; la corde unit les oppositions et permet de les dépasser. La bigarrure implique la liaison des couleurs et paraît d'autant plus puissante que cette liaison est étroite. Sur les « *syrmak* », c'est toute la surface qui joue de la bigarrure, à laquelle s'ajoute le système « positif-négatif » qui renforce les oppositions qui s'attirent, les énergies complémentaires qui se rencontrent. Le tapis est alors un champ d'énergie. Des énergies contraires, canalisées, scellées par les liserés. Cette hypothèse renvoie à l'idée du mariage, de l'entrée de la jeune fille dans une nouvelle famille. C'est probablement un symbole de la famille dans son aspect d'union et de rencontre des individus pour la constitution d'un nouveau foyer.

1.5.3 Techniques de fabrication²

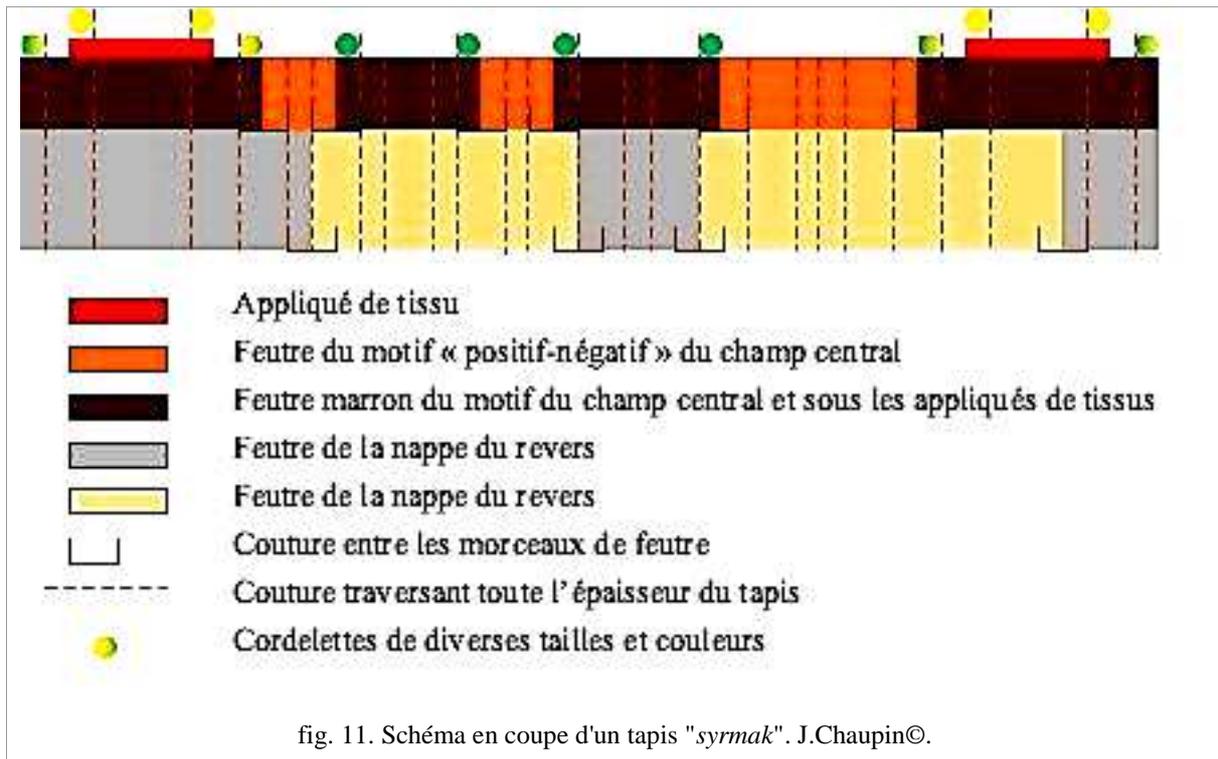
Le mot « *syrmak* » vient du mot « *syr* » qui signifie, en kazakh, coudre ou piquer. En effet, les « *syrmak* » sont piqués pour leur donner de la résistance et de la solidité. Ils peuvent avoir une durée de vie de trente à quarante ans³. Les coutures de piqûre maintiennent entre elles les deux nappes de feutre et forment également une grande partie de l'ornementation (fig. 11). Pour la mise en œuvre d'un « *syrmak* » classique on a besoin d'au minimum trois pièces de feutre : deux pièces aux couleurs contrastées pour la mosaïque de la face ornée, plus une, généralement deux fois plus épaisse, et composée de laine claire, pour le revers.

La fabrication d'un « *syrmak* » met en œuvre trois techniques : (1) le feutre-mosaïque ; (2) un appliqué de feutre ou de tissu coloré ; (3) l'ornementation avec des cordelettes. Un même tapis peut combiner les trois techniques. Des deux premières techniques découlent la troisième, car les cordelettes, couchées sur le feutre, sont toujours utilisées pour souligner chaque pièce de la mosaïque et de l'appliqué.

¹PAETAU SJOBERG, 1995, p.47.

² Partie basée sur PORTISCH, courriels des 23 et 29 octobre 2009 et FARKAS, O., 1995, « The Kazakh Syrmak : Quilting, Mosaic and Appliqué Techniques Applied on Felt », dans *Echoes, the Journal of the International Feltmakers Association*, n°39, numéro Asie, pp.12-13. Cet article est le plus complet sur la technique de couture des « *syrmak* ».

³ TURNAU, 1997, p.81.



Les étapes de la fabrication d'un « *syrmak* » se déroulent comme suit :

Pour la fabrication du feutre-mosaïque (1), le même motif est dessiné à l'ocre ou au charbon sur deux nappes de feutre de couleur contrastées. Ensuite, les motifs sont coupés au couteau dans les feutres de couleur, et les pleins de l'un remplissent les trous de l'autre (fig. 12), et vice-versa. Ceci forme l'effet « positif-négatif ». Cette première étape donne naissance à deux tapis dont les motifs sont exactement inversés.



fig. 12. Femme kirghize insérant les motifs blancs dans une nappe foncée¹.

¹ AHRENS, 2005, p.9.

Les morceaux de feutre sont cousus bord à bord au point de surjet. Le fil de couture est un fil retors de poil de chameau, ou « shuda jip ». Une autre technique plus ancienne est aussi possible : on coud les bords avec un point d'arête simple (fig. 13). Pour cela, l'aiguille est passée sous le bord à chaque point. La couture se fait toujours du bas vers le haut traverse le feutre. Le fil « croise » ainsi, à chaque point, le bord des feutres. Les deux feutres ne se chevauchent jamais, et restent parfaitement bord à bord.

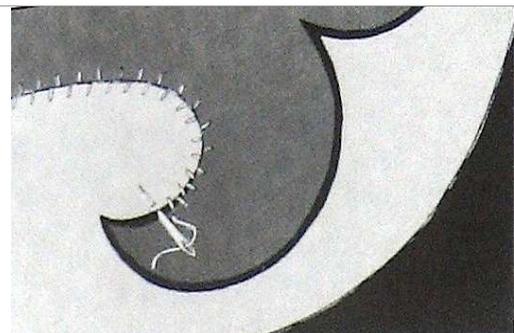


fig. 13. Couture des différentes nappes de feutre¹.

Une fois le feutre-mosaïque terminé, il est posé sur la nappe de feutre non teint du revers. Les jonctions des motifs sont cachées par des cordelettes (3) (fig. 14). La double cordelette (faite de deux fils tordus avec des torsions différentes) est cousue avec une longue aiguille. Cette aiguille, munie d'un fil de poil de chameau, traverse d'abord un des fils de la cordelette, en un endroit proche de celui où le premier fil de la cordelette rencontre le second. Le fil de poil de

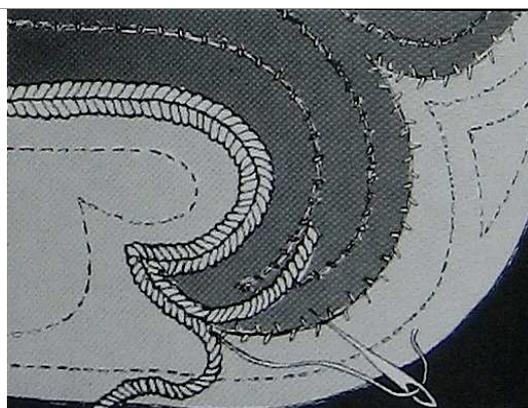


fig. 14. Couture des cordelettes doubles avec des coutures traversant toutes les nappes de feutre².

chameau traverse alors une des pièces du feutre-mosaïque ainsi que le feutre du revers. Pour le chemin de retour, l'aiguille traverse de nouveau le feutre du revers, la pièce du feutre mosaïque, en face de la pièce piquée à l'aller. Enfin, l'aiguille traverse le second fil de la cordelette. Cette couture a donc pour fonction de fixer la cordelette pour cacher les coutures d'assemblage des pièces de feutre ainsi que de maintenir les deux nappes de feutre du tapis ensemble.

Le feutre-mosaïque est enfin piqué au feutre du revers par « piquage » (fig. 14). Les coutures couchées suivent les contours des motifs de la mosaïque. Les points passent au travers des deux nappes de feutre pour qu'elles soient fermement attachées l'une à l'autre et que sur le revers apparaisse un décor de lignes. Un fil est posé sur la surface du feutre et est cousu avec un autre fil au travers des épaisseurs. Les fils peuvent avoir des couleurs variées.

¹ FARKAS, 1995, p.13.

² FARKAS, 1995, p.13.

Les motifs des appliqués (2) des bordures, qu'ils soient de feutre ou de tissu, sont également découpés. Une nappe de feutre coloré est posée sur le feutre du revers. Les motifs de tissu sont posés sur cette nappe de feutre qui constitue la face du tapis. Une cordelette vient en souligner le dessin. Un fil de couture unique maintient la cordelette et le tissu aux deux de feutre du tapis. Cette couture traverse donc la cordelette, le tissu appliqué et les deux nappes de feutre.

La fabrication du « *syrmak* » demande de la patience, de la dextérité et de la force physique. Ces valeurs sont importantes dans le monde nomade. Le tapis est alors l'expression des qualités propres des femmes qui l'ont confectionné. Cela est d'autant plus significatif que le tapis est offert à la belle-famille par la future mariée.

Les tapis « *syrmak* » réalisés par les Kazakhs en Mongolie sont des objets utilitaires du quotidien, certes, mais également des tapis prestigieux. De par leurs motifs géométriques et bien découpés, ils se distinguent de toute la production de tapis de feutre d'Asie centrale aux décors à bords flous. Leur fabrication est longue et minutieuse. Chaque famille conçoit les motifs de ses créations selon des traditions remontant aux Scythes de l'Altai. Ne faisant l'objet d'aucune transaction commerciale, les « *syrmak* » sont utilisés « jusqu'à la corde ».

Le « *syrmak* » faisant l'objet de ce mémoire est unique dans les collections du musée du quai Branly. Il est l'expression d'un savoir-faire clé et spécifique de la culture kazakhe et de la civilisation nomade et pastorale d'Asie centrale. La mise en perspective du caractère ethnographique du tapis détermine la déontologie du travail de conservation-restauration. L'observation, la documentation et les choix de l'intervention de l'objet ethnographique présupposent le respect de la culture, du savoir-faire et des particularités de l'ethnie qui l'a fabriqué. C'est donc le fil conducteur qui sous-tend tout ce mémoire.

Le travail du restaurateur s'appuie essentiellement sur la connaissance du matériau constitutif de l'objet de l'intervention. Le tapis kazakh du musée du quai Branly est en feutre. Cependant, le feutre est un matériau peu connu dans le domaine patrimonial. La partie technico-scientifique de ce mémoire sera donc consacrée à son étude.

2 Étude technico-scientifique

Les collections patrimoniales recèlent de nombreux objets en « feutre ». Dans les collections ethnographiques d'Asie centrale, la variété de ces objets est infinie. Le feutre traditionnel est adapté pour une fabrication aux formes et couleurs variées : de la couverture de yourte aux tapis de selle en passant par les bottes ou les couvre-chefs. Depuis quelques dizaines d'années, le non-tissé en laine aiguilletée a fait son entrée dans les musées. Les œuvres de Josef Beuys en sont un bel exemple. Pourtant, ces matériaux textiles à structure fibreuse enchevêtrée restent peu connus et peu étudiés dans le cadre de la conservation-restauration.

Au cours de l'étude technico-scientifique, nous aborderons la connaissance du « feutre ». Dans une première partie, théorique, nous présenterons les caractéristiques de la laine et de la fabrication du « feutre ». La seconde partie sera consacrée aux expérimentations réalisées dans le cadre de ce mémoire.

2.1 Partie théorique

Le feutrage procède d'un enchevêtrement des fibres, orientées ou aléatoirement disposées, par un travail mécanique, et éventuellement grâce à une combinaison adéquate d'humidité et de chaleur, sans filage, tissage ou tricotage¹. Le résultat obtenu est une masse de fibres assemblées en un réseau aléatoire plus ou moins dense et léger. Il existe deux méthodes de fabrication du feutre : premièrement, le feutrage dit « traditionnel » que nous nommerons « feutrage par voie humide ». En effet, le feutrage par voie humide nécessite l'apport d'humidité et de chaleur et il ne peut se produire qu'avec du poil animal. Cette méthode est celle utilisée par les Kazakhs pour la fabrication du « syrmak » de cette étude, présentée dans le premier chapitre de ce mémoire (voir page 17). La seconde méthode, apparue avec l'industrialisation, est l'aiguilletage. Le matériau obtenu est un non-tissé aiguilleté (et non un feutre comme il est abusivement nommé) ; il peut se confectionner avec toutes les fibres textiles, également les fibres synthétiques et ne nécessite aucun apport de chaleur ou d'humidité.

¹ GUPTA, N.P., AGARWAL, R., PANT, S.. "Factors affecting felting of wool: an overview". Journal of the textile Association, mai-juin 2007, pp.43-45. Cet article résume, parfois trop succinctement, les paramètres qui entrent en jeu dans la production d'un feutre par voie humide.

Cette étude sera donc consacrée au feutre de laine et au non-tissé de laine aiguilletée. Le terme de feutre ne s'appliquera, dorénavant, qu'au matériau obtenu par feutrage de laine voie humide. La première partie, théorique, tentera d'exposer les phénomènes physiques, mécaniques et chimiques entrant en jeu dans les processus de feutrage par voie humide et d'aiguilletage. Nous décrirons d'abord la structure de la fibre de laine, et nous nous attacherons à mettre en évidence l'influence de la structure complexe du poil de mouton et donc de ses propriétés physiques et chimiques sur le feutrage par voie humide. Enfin nous présenterons l'aiguilletage de la fibre de laine, processus intégralement mécanique.

2.1.1 La structure du poil¹ de mouton²

Non seulement des espèces différentes d'animaux mais aussi des centaines de races de moutons fournissent une variété quasi infinie de poil et donc de feutres. Le plus souvent, c'est la laine³ des moutons qui est utilisée, mais les poils de lapin, de chèvre, de chameau ou de yack entrent également dans la composition des feutres.

Le poil se présente comme un filament cylindrique dont la surface est constituée d'écailles (la cuticule). Le cortex forme le squelette interne du poil. Parfois le centre est creux, composé par un canal médullaire ou moelle (fig. 16, page suivante).

On distingue quatre catégories de poils poussant sur tout le corps du mouton : la laine, le jarre, le poil et l'hétérotype. Selon les races de moutons et selon l'emplacement sur le corps de l'animal, la proportion de chaque catégorie de poils varie.

La **laine (ou laine pure)** n'a pas de canal médullaire. De manière générale, les écailles se recouvrent peu et sont très saillantes.

Le **jarre** est court, il tombe dans la toison. Il possède un large canal médullaire. Ses écailles se recouvrent largement, elles sont rectangulaires et peu saillantes.

Le **poil**⁴ possède un canal médullaire relativement important. Les écailles sont très peu saillantes, en hexagones plus ou moins réguliers.

¹ Le terme poil est utilisé pour désigner le poil de l'animal. Le terme de fibre correspond à ce même poil lorsqu'il est transformé.

² GALICO, L.. *La Lana*. Vigliano Biellese (Biella, Italie), Eventi e Progetti Editore, 2000. 348 p. Cet ouvrage est la bible pour tout ce qui concerne la fibre de laine et ses propriétés chimiques, physiques et mécaniques. BARON, M-H.. « Les dessous de la laine ». *Déshabillez-moi*, n°42, octobre 2008, pp.19-30. Cet article, paru dans le journal des tondeurs français, est une étude de la fibre de laine et de ses propriétés.

³ Le terme de laine est communément utilisé pour désigner les poils de mouton. Ainsi, le poil et la laine ont-ils la même structure chimique et donc des propriétés physiques et mécaniques tout à fait semblables.

⁴ Á ne pas confondre avec le terme générique utilisé dans l'expression « poil animal »

L'**hétérotype** est un poil dont l'extrémité pointue comporte un canal médullaire tandis que la partie se trouvant du côté de la racine est identique au brin de laine.

Durant la pousse du poil, au niveau du follicule pileux, les cellules de la peau se multiplient à la base du bulbe (fig. 15). Elles se transforment en kératinocytes qui sont des cellules productrices de kératine. Compte tenu des limites spatiales imposées par les parois du follicule pileux, les kératinocytes sont repoussés vers la surface de la peau. Par un effet de compression, ils se déforment au cours de leur migration. Ceux qui migrent dans l'axe de la fibre s'allongent sous forme de fuseaux. Au centre, ils forment la moelle et dans la zone médiane, ils structurent le cortex. Les plus externes s'aplatissent et délimitent la surface du poil, appelée cuticule (fig. 16).

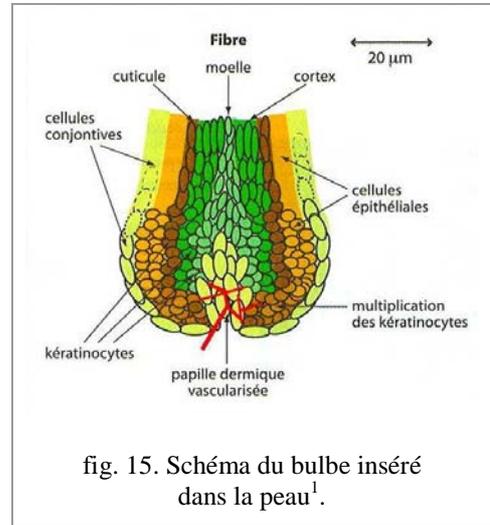


fig. 15. Schéma du bulbe inséré dans la peau¹.

Le poil animal présente donc une structure hiérarchisée dont le principal composant est la kératine.

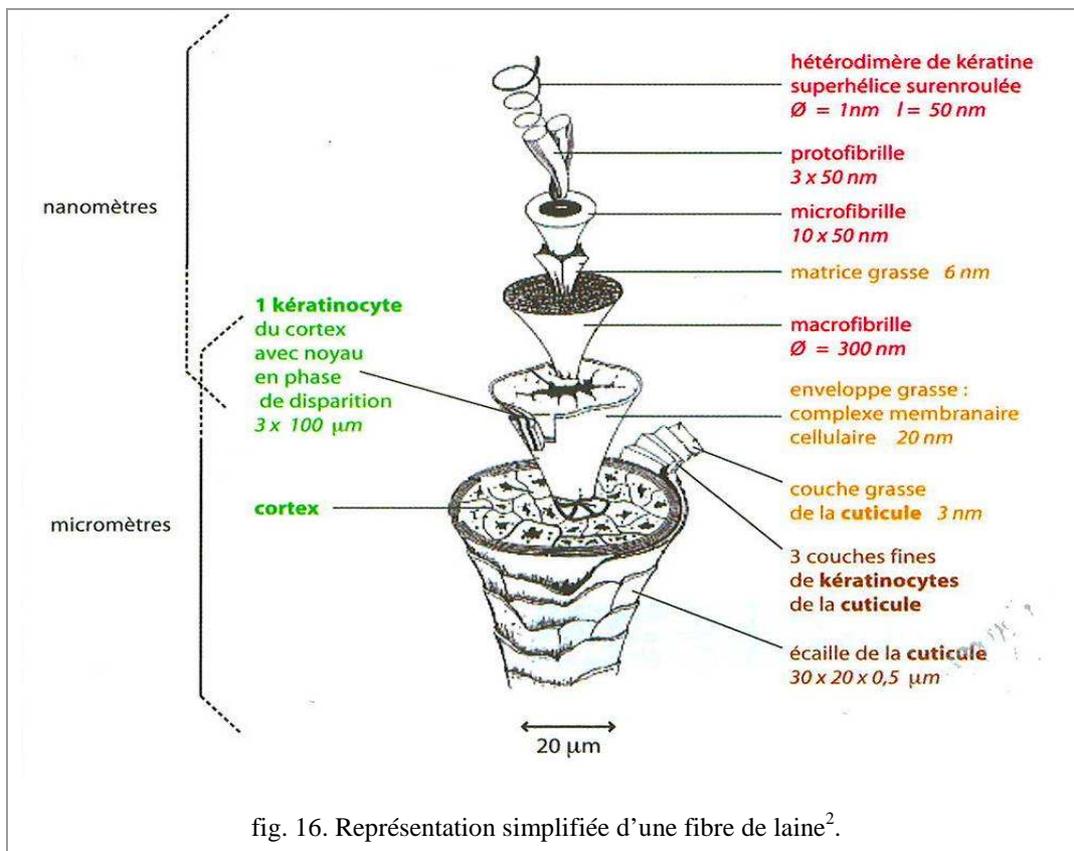


fig. 16. Représentation simplifiée d'une fibre de laine².

¹ BARON, 2008, p.21.

² Idem.

La kératine est une protéine de structure, insoluble, qui se caractérise par la présence de ponts disulfures conférant à la macromolécule des propriétés élastiques ainsi qu'une grande résistance à la rupture.

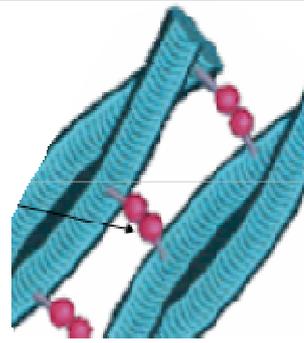


fig. 17. Deux hélices de kératine α reliées entre elles par des ponts disulfure (en rouge)¹.

Les cellules de la cuticule se superposent, formant une structure en écaille, comme les tuiles d'un toit, de 0,3 à 0,5 microns d'épaisseur (fig. 18). L'extrémité des écailles (longueur : de 8 à 22 microns) est orientée vers la pointe de la fibre. La cuticule est essentiellement composée de kératine, mais elle contient également des graisses. Le corps des écailles est composé de l'exocuticule (à l'extérieur) et l'endocuticule (à l'intérieur). Une très fine membrane, l'épicuticule, recouvre la surface externe des écailles. La forme et le taux de recouvrement des écailles varient selon la race du mouton. La cuticule est très résistante aux agents chimiques et physiques.

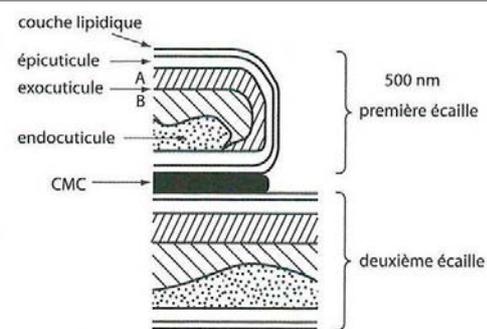


fig. 18. Structure interne de deux écailles superposées².

Le cortex (représentant 90 % des cellules du poil) est composé de cellules en forme de fuseaux, allongées selon l'axe de la fibre. On distingue l'orthocortex et le paracortex qui sont formés de deux types de kératine. Les cellules corticales sont des macrofibrilles orientées longitudinalement, comportant en leur centre le noyau cellulaire. Les macrofibrilles peuvent être séparées en unités plus petites, les microfibrilles, elles-mêmes constituées de protofibrilles. Ces dernières sont composées d'hélices d'acides aminés, la kératine.

¹ Référence non définie.

² BARON, 2008, p.22.

La moelle, ou canal médullaire, est composée de cellules de kératine dégradées. Elle est constituée d'un réseau assez lâche de filaments qui délimitent des cavités remplies d'air. Les canaux médullaires se trouvent uniquement dans les poils grossiers.

2.1.2 Le processus de feutrage par voie humide

2.1.2.1 Les premières recherches scientifiques sur le feutrage¹

Les processus mécaniques, physiques et chimiques qui produisent le feutrage d'une masse de fibres de laine ne sont, à ce jour, pas encore précisément expliqués, pourtant le feutre a depuis longtemps été le sujet de recherches scientifiques.

Le premier à tenter d'expliquer l'action du feutrage de la laine est Monge (1790)³ qui a démontré la grande facilité de mouvement des fibres dans la direction racine-pointe. Ceci a été confirmé plus tard par de nombreux chercheurs. D'autres aspects du feutrage ont été discutés par Harrison (1919) qui considère que le facteur mécanique dû au battage ou au roulement de la masse de fibres entraîne certaines fibres entrecroisées à former des crochets dans lesquels les autres fibres viennent s'enchevêtrer (voir le comportement de la fibre en noire sur la fig. 19). Il a également mentionné la possibilité que la résistance frictionnelle des fibres (sens inverse des écailles) aidât les crochets à rester dans leur position. Shorter (1921) propose que la structure en écailles favorise la liberté de mouvement unidirectionnel plus qu'elle n'empêche définitivement le mouvement racine-pointe de la fibre. Il définit deux types d'enchevêtrements : un enchevêtrement total, où plus aucun mouvement n'est possible, et un enchevêtrement partiel, dans lequel le mouvement préférentiel de la fibre est celui de la direction pointe-racine. Le feutrage résulterait alors de la consolidation des enchevêtrements partiels voisins. Cependant il n'a pas trouvé de raison apparente à la formation initiale des enchevêtrements fortuits ; en réalité l'observation

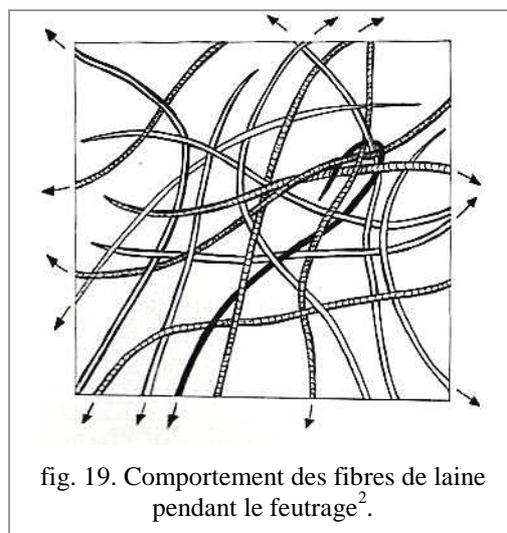


fig. 19. Comportement des fibres de laine pendant le feutrage².

Il définit deux types d'enchevêtrements : un enchevêtrement total, où plus aucun mouvement n'est possible, et un enchevêtrement partiel, dans lequel le mouvement préférentiel de la fibre est celui de la direction pointe-racine. Le feutrage résulterait alors de la consolidation des enchevêtrements partiels voisins. Cependant il n'a pas trouvé de raison apparente à la formation initiale des enchevêtrements fortuits ; en réalité l'observation

¹ GUPTA, AGARWAL, PANT, 2007, p.43-45.

² PAETAU, 1995, p.91.

³ MONGE, *Annales de Chimie*, Tome VI, 1790. SHORTER, W.I.R.A, Pub.9, 1921. SPEAKMAN, J.B. Textile Institute T339, 1933. MARTIN, A.J.P.. « Observations on the theory of felting ». *Journal of the Society of Dyers and Colorists*, 60(12), 1944, pp.326-328.

microscopique d'une masse de fibres partiellement feutrée ne permet pas de révéler une quelconque variation remarquable de la structure. Speakman (1933) insiste, lui, sur l'importance du processus de rétraction quand une fibre sous contrainte est relâchée, et il considère que les propriétés élastiques et plastiques de la fibre sont aussi importantes que la friction fibre à fibre pour le feutrage. Martin (1944) considère que, quand une masse de fibres est compressée dans une direction donnée, des réarrangements se forment, et la récupération totale des crochets qui sont créés alors, n'est plus possible quand les forces externes sont retirées. Le dernier degré de feutrage dépendrait alors de la récupération (ou de son absence) dans une masse compacte de fibres qui, une fois sèches, sont maintenues dans la position feutrée, si bien que tout mouvement leur est impossible.

Les recherches occidentales sur les facteurs du processus de feutrage par voie humide des fibres de laine ont été pour ainsi dire interrompues avec l'avènement des fibres synthétiques, à la fin des années 1960. L'objectif de la majorité des recherches fut alors de déterminer le meilleur moyen pour empêcher la fibre de laine de feutrer afin de servir les objectifs de l'industrie textile. Il semblait évident que la surface en écailles de la fibre jouait un rôle majeur dans le feutrage. Ainsi, la plus grande partie des études porte-t-elle, encore aujourd'hui, sur la dégradation de la surface en écailles des fibres de laine par le chlore. En effet, la surface lisse de la fibre traitée semble empêcher l'enchevêtrement irréversible des fibres¹.

2.1.2.2 Les relations entre le feutrage par voie humide et les caractéristiques de la fibre de laine

Les caractéristiques morphologiques des fibres de laine et en particulier leurs propriétés de surface, sont des critères majeurs favorisant leur enchevêtrement. Les caractéristiques des fibres qui vont affecter plus particulièrement la friction et le frottement durant le feutrage, sont :

L'aspect de surface, lisse ou rugueux (présence des écailles).

La forme des fibres, qui joue sur la surface de contact (finesse, longueur, ondulation).

Le poids des fibres (pleines ou creuses, médullation, hydroscopicité).

¹ GALLICO, 2000, p.162.

Les écailles

Le degré de rugosité des fibres dépend de l'épaisseur des écailles (cuticule) et de leur recouvrement (fig. 20). Les pointes des écailles sont saillantes et s'écartent de la surface de la fibre d'environ 0,5 micron.

Les propriétés de friction¹, ou de frottement, de la superficie des fibres de laine sont insolites à cause de la disposition unidirectionnelle des écailles.

L'empilement en tuile des écailles est tel, que les extrémités libres sont dirigées vers la pointe de la fibre, donnant à celle-ci son apparence dentelée caractéristique. La friction est plus grande quand une fibre est frottée dans le sens inverse des écailles (de l'extrémité de la pointe vers l'extrémité de la racine) que quand elle est frottée dans le sens des écailles (de la racine à la pointe). Ainsi, la fibre sous pression ne bouge-t-elle parmi ses voisines seulement dans la direction de la racine, cela entraîne les autres fibres à s'entrecroiser et à former une masse compacte. Les écailles jouent alors le rôle de cran d'arrêt. Ce phénomène est essentiel pour le feutrage et est appelé « effet de direction préférentielle »².

Les recherches menées ces trente dernières années sur les propriétés de feutrage de la laine, avant et après traitements, semblent donner l'effet de direction préférentielle des fibres comme le facteur le plus important dans le feutrage. Speakman (1931) a montré qu'il n'existe pas de relation stricte entre les écailles et le pouvoir feutrant, sauf pour les types de laine extrêmes. Le type et le nombre des écailles jouent un rôle prééminent dans la qualité du feutre fini à côté des propriétés d'élasticité et de gonflement des fibres de laine. La laine Mérinos, avec des écailles bien dessinées et sortantes, feutre plus rapidement que la fibre mohair où les écailles sont peu visibles et adhérentes à la fibre.

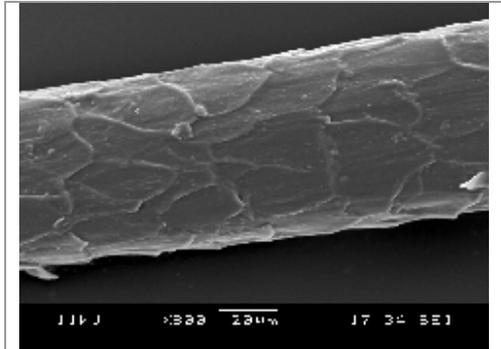


fig. 20. Disposition des écailles à la surface d'une fibre de laine. LRMH/J.Chaupin©.

¹ Nous entendons par propriétés de friction, les propriétés de frottement d'une fibre de laine avec une autre fibre de laine. GALLICO, 2000, p.157.

² GALLICO, p.155.

La finesse et la médulation

Les caractéristiques physiques de la fibre, comme le diamètre et la présence d'un canal médullaire, influent de manière significative le feutrage. Si l'on considère comme seul paramètre la finesse, plus la fibre est fine, plus le pouvoir feutrant augmente¹. De même, le gonflement de la fibre, sous l'influence de l'humidité et de la chaleur, joue un rôle important sur les écailles et donc sur les forces de frottements entre les fibres. En effet, plus la fibre gonfle, plus les écailles s'écartent de la surface. Augmentant ainsi les forces de friction².

Quand le pourcentage de fibres médullées est élevé, le pouvoir feutrant est moindre. L'épaisseur du feutre augmente et sa résistance à la rupture baisse. Le canal médullaire influe sur la performance du feutre car il y a une perte de friction avec un fort pourcentage de fibres médullées qui ont des écailles peu saillantes.

L'ondulation, la frisure

L'ondulation des fibres résulte de la différence de compacité et de plasticité des deux parties adjacentes dans le cortex : l'ortho et le paracortex (fig. 21). L'orthocortex est plus sensible à l'eau que le paracortex. Ainsi, dans un environnement humide l'orthocortex gonfle plus. De ce fait, la frisure de la fibre augmente et la formation de crochets est plus importante.

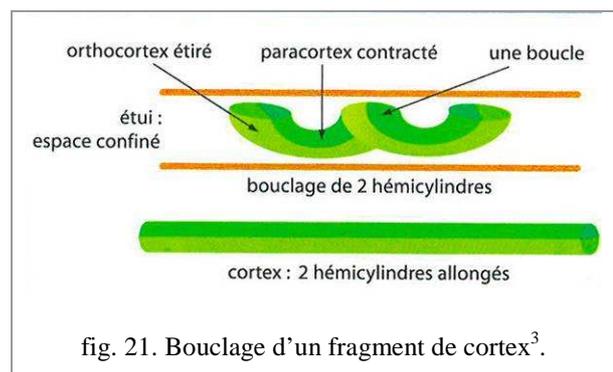


fig. 21. Bouclage d'un fragment de cortex³.

Le feutrage peut ainsi être influencé par la tendance à l'ondulation des fibres de laine. Plus une fibre est ondulée, plus elle est « indépendante » des autres et a donc un pouvoir feutrant fort car elle peut s'enchevêtrer plus facilement à ses voisines.

La longueur des fibres

La longueur de la fibre joue un rôle important dans le processus de feutrage. Speakman (1933) montre que quand le feutrage est mené dans des conditions prédéterminées identiques, le retrait (contraction des fibres) est plus grand avec de la laine longue. Le retrait,

¹ GUPTA, AGARWAL, PANT, p.44.

² GALLICO, p.156.

³ BARON, 2008, p.22

causé par la contraction des fibres sous tension et par la formation des crochets, augmente proportionnellement à la longueur des fibres et conduit donc à un meilleur feutrage.

L'hydrophobicité, l'hygroscopicité des fibres

Le poil est hydrophobe vis-à-vis de l'eau liquide mais hydrophile vis-à-vis de la vapeur d'eau. La couche lipidique externe et les écailles sont comme des écrans pour l'eau liquide. Pourtant, sans paraître mouillée, la fibre peut adsorber jusqu'à 30 % de son poids total de vapeur d'eau. Seuls les nano volumes d'eau (\varnothing de 5 à 55 nm) pénètrent facilement au coeur de la fibre. Cette eau se glisse sous les écailles de la cuticule et progresse dans le cortex. Dans la kératine, l'eau se fixe par la création de liaisons hydrogènes avec les groupements hydrophiles de la macromolécule.

L'eau chaude et la vapeur d'eau disloquent l'organisation des écailles et la surface lipidique de la cuticule, augmentant ainsi leur capacité à freiner le mouvement de la fibre dans une direction et à mettre en jeu l'effet de direction préférentielle.

2.1.2.3 Les relations entre le feutrage par voie humide et les paramètres de sa mise en œuvre

Le feutrage est un procédé complexe et la capacité de feutrage ne dépend pas uniquement des propriétés inhérentes à la fibre de laine, mais également des conditions de mise en œuvre du processus de feutrage.

L'action mécanique

Le processus de feutrage implique un mouvement des fibres dû à l'application d'une force extérieure, par une série d'opérations de compression-extension, conduisant à leur friction mutuelle. Sous l'influence de ces forces de pression intermittentes, les fibres humides migrent dans la direction pointe-racine et en même temps elles tendent à se courber, à former des crochets et à s'enchevêtrer entre elles. Les effets d'hameçon des écailles et de direction préférentielle de la fibre rendent ce processus irréversible.

Le pH

Le pouvoir feutrant des fibres de laine augmente avec des valeurs extrêmes de pH, que ce soit vers l'acide ou vers la base. Les écailles s'écartent de la surface de la fibre lorsque que

le pH descend en dessous de 4, ou lorsqu'il est entre pH 9 et pH 11¹. Ceci agit sur l'effet de direction préférentielle et les propriétés de friction des fibres.

Température

Il a été observé que le feutrage était plus rapide entre 46° et 49° Celsius². Le feutrage croît donc jusqu'à environ 50°C, puis la température joue un rôle négatif. Cela est expliqué par le fait qu'il est difficile à la fibre de retrouver sa longueur d'origine après un passage à 45°C (la propriété élastique se transforme en propriété plastique).

Lubrifiant

Le savon est un agent efficace car il provoque une lubrification des fibres facilitant leur déplacement.

La surface en écaille, l'effet de direction préférentielle, la longueur, l'ondulation, l'élasticité, la plasticité, l'hygroscopicité des fibres, ainsi que l'action mécanique, celle de l'eau, de la chaleur, du pH et du savon, sont des facteurs qui participent tous au processus de feutrage des fibres de laine.

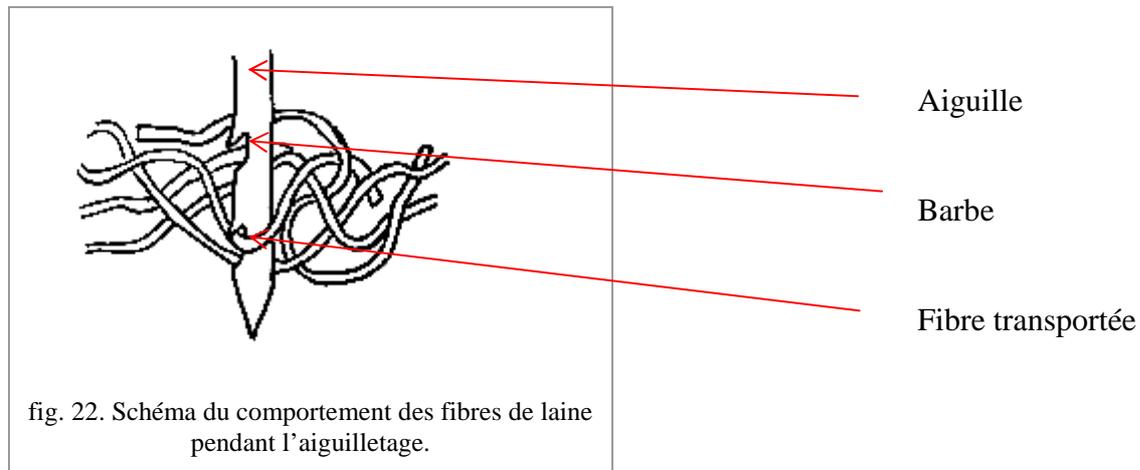
2.1.3 Le processus d'aiguilletage

L'aiguilletage a été inventé dans un but industriel, afin que les fibres synthétiques et végétales, qui ne possèdent pas le pouvoir feutrant naturel de la fibre de laine, puissent également être transformées en non-tissé de fibres enchevêtrées. Néanmoins, l'aiguilletage est également utilisé pour les fibres de laine, car ce processus se prête bien à l'industrie.

Le premier métier à aiguilletage est produit en Angleterre en 1866. Il faut pourtant attendre 1950 pour une fabrication et une commercialisation de masse des non-tissés. Dans les années 1980, les aiguilles à barbes de l'industrie sont utilisées pour le développement de l'aiguilletage comme artisanat.

¹ GUPTA, AGARWAL, PANT, p.44.

² GUPTA, AGARWAL, PANT, p.44.



Dans le processus de feutrage à l'aiguille, les barbes des aiguilles transportent les fibres au travers d'une masse de fibres (fig. 22). Ainsi, les forces de frottement entre les fibres s'accroissent, ce qui assure finalement la consolidation du non-tissé¹. À la suite d'un mouvement de descente et de montée, les aiguilles traversent le non-tissé. Plus l'aiguilletage est fort, plus le textile est dense et solide jusqu'à atteindre un maximum au-delà duquel les fibres sont endommagées par les aiguilles².

L'aiguille à feutrer, en acier, présente cinq parties (fig. 23, page suivante). Le talon sert d'accroche pour l'aiguille sur une plaque (dans l'industrie une plaque peut contenir plusieurs millions d'aiguilles). La tige permet une certaine rigidité et la solidité de l'aiguille. Un cône fait la jonction entre la tige et la partie travaillante composée de barbes. Les barbes sont des crochets, ou encoches, qui vont « attraper » la fibre et l'entraîner dans une direction donnée pour permettre son enchevêtrement avec ses voisines. L'aiguille est terminée par une pointe permettant une bonne pénétration dans la masse des fibres.

¹ GROZ-BECKERT, *Felting, Aiguilles à feutrer et à structurer*. Catalogue de produit, 2010, p.24.

² MIAO, M.. « An experimental study of the needled nonwoven process. Part II : Fiber transport by barbed needles », *Textile research Journal*, vol 74, n°5, 2004, p.394.

Le choix des aiguilles est complexe. C'est le diamètre de la fibre choisie qui conditionne en premier lieu ce choix. En effet, les barbes entraînent la fibre et, si elle est trop grosse pour entrer dans l'encoche prévue, elle ne sera pas entraînée. Cependant, le choix de l'aiguille se fait également en fonction du produit fini voulu : un non-tissé plus ou moins dense, avec une surface plus ou moins lisse. Ainsi l'aiguilletage se fait en deux étapes principales : l'aiguilletage (où les fibres entraînées s'enchevêtrent) et la finition de surface. Pour chaque étape, il faut choisir une aiguille spécifique. Pour se faire, il existe de très nombreuses aiguilles différentes. La longueur de la partie travaillante, son épaisseur, le nombre de barbes, leur forme et leur profondeur influence le produit fini, sa résistance et son aspect².

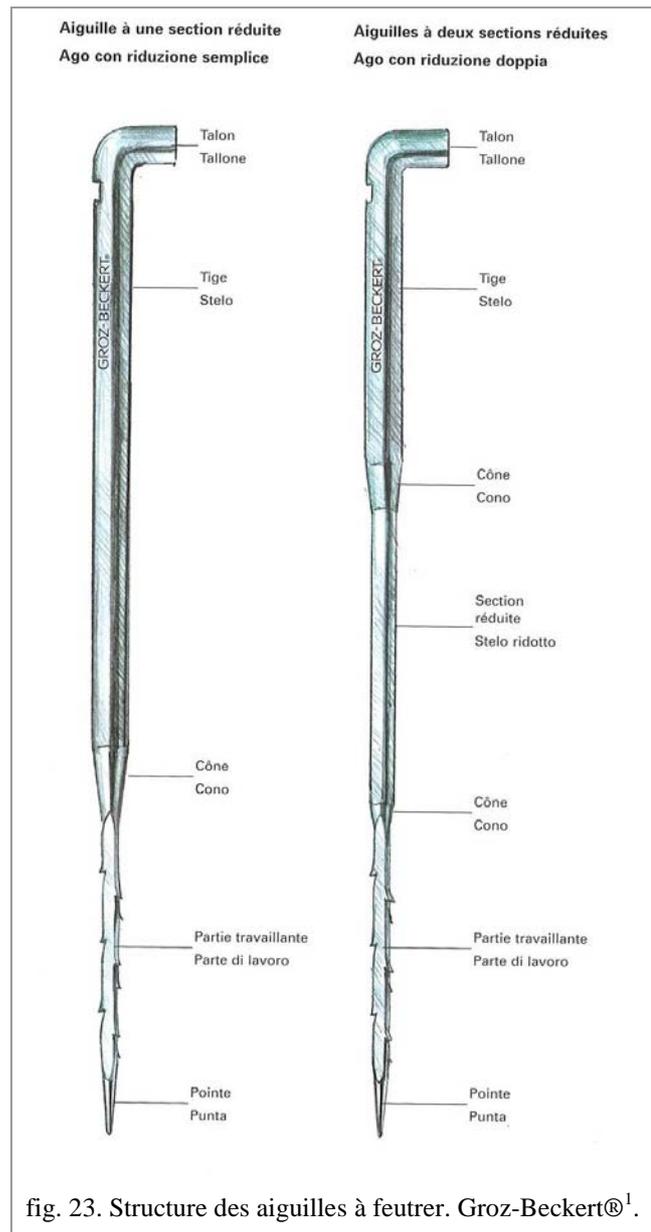


fig. 23. Structure des aiguilles à feutrer. Groz-Beckert®¹.

2.1.4 Conclusion de la partie théorique

Cette étude théorique permet de distinguer et de connaître les deux techniques de fabrication du feutre et du non-tissé de laine aiguilletée. Elle a été menée dans le dessein d'une meilleure connaissance des matériaux pour une identification correcte des objets patrimoniaux.

¹ Groz-Beckert®, catalogue, 2009, p.37.

² Entretien avec Monsieur Philippe VROMAN, enseignant-chercheur à l'ENSAIT, Roubaix, le 03 mai 2010. Le catalogue de Groz-Beckert donne de nombreux conseils quant au choix de l'aiguille, mais il reste difficile pour un non-initié de faire un choix.

2.2 Partie expérimentale

Objectif général :

L'objectif de cette recherche est d'aborder la caractérisation du matériau textile que l'on appelle communément « feutre », confectionné de manière artisanale, c'est-à-dire à la main. Il s'agit d'étudier le réseau fibreux aléatoire, constitué de fibres de laine de mouton confectionné selon deux techniques : le feutrage par voie humide et l'aiguilletage. Dans ce chapitre, nous nommerons « feutre » les éprouvettes confectionnées par feutrage par voie humide et « non-tissé » celles fabriquées par aiguilletage. Nous considérerons dans un premier temps, la caractérisation de la toison choisie et la confection des éprouvettes. Enfin, nous mènerons des expérimentations de caractérisation des propriétés physiques du matériau feutre selon quatre axes :

L'observation microscopique des fibres de laine avant et après feutrage et aiguilletage.

L'évaluation de la porosité du réseau fibreux par différentes méthodes.

L'étude du comportement hygroscopique des éprouvettes après feutrage et aiguilletage.

Des essais mécaniques de résistance à la rupture par traction.

2.2.1 La caractérisation de la toison utilisée pour la confection des éprouvettes

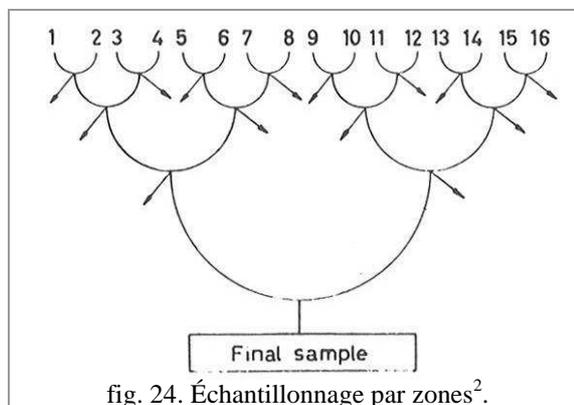
L'analyse des fibres prélevées sur le « *syrmak* » du musée du quai Branly révèle que la laine utilisée pour les feutres du tapis, provient d'une race de moutons à toison mixte. Chez les moutons à toison mixte, la proportion de jarre et de poil est forte et les fibres de laine sont longues et épaisses. Pour la confection des éprouvettes, nous avons porté notre choix sur de la laine blanche de la race de moutons Thône-et-Marthod, une laine qui présente toutes les caractéristiques d'une toison mixte. La laine a été lavée à la filature Arpin¹ avec de l'eau et du

¹ La filature Arpin (créée en 1817) est une petite structure industrielle savoyarde de lavage, de cardage, de filage, de tissage et de confection de vêtement et de textile pour l'ameublement.

carbonate de soude dans leur installation de lavage. Elle n'a subi aucun autre traitement. Elle est grossièrement cardée au loup¹ pour faire gonfler la masse des fibres.

2.2.1.1 L'échantillonnage (zoning)

L'échantillonnage peut représenter une source d'erreur de la caractérisation morphologique des fibres d'une même toison. Comme la longueur d'une fibre est fortement corrélée avec son diamètre, un échantillonnage favorisant la longueur va, dans une certaine mesure, favoriser une forte proportion de fibres grossières. Pour réaliser les mesures, nous avons



prélevé un échantillon de laine dans la toison selon la méthode statistique de l'échantillonnage par zone qui permet de réduire la marge d'erreur. Le lot est divisé en seize parts égales, elles-mêmes divisées en deux. Une des moitiés de chaque part est écartée de façon aléatoire avec la méthode de la pièce de monnaie où « face » correspond à la main droite et « pile », à la main gauche (fig. 24, où les flèches correspondent à la partie des fibres écartées de l'échantillonnage). Nous avons continué la séparation des parts sélectionnées jusqu'à n'obtenir qu'une très petite quantité de laine, suffisante pour les analyses morphologiques des fibres de la toison. Les éprouvettes ont été confectionnées avec la laine « écartée » pendant l'échantillonnage.

2.2.1.2 Caractéristiques morphologiques de la toison

Détermination de la longueur

La longueur est déterminée par mesurage individuel des fibres en se basant sur la norme NF G 07-009³. Les fibres sont maintenues rectilignes sous l'effet d'une tension suffisante pour éliminer la frisure sans étirer la fibre. Elles sont fixées de part et d'autre à l'aide d'un ruban adhésif. Les longueurs sont mesurées avec une règle graduée (fig. 25).

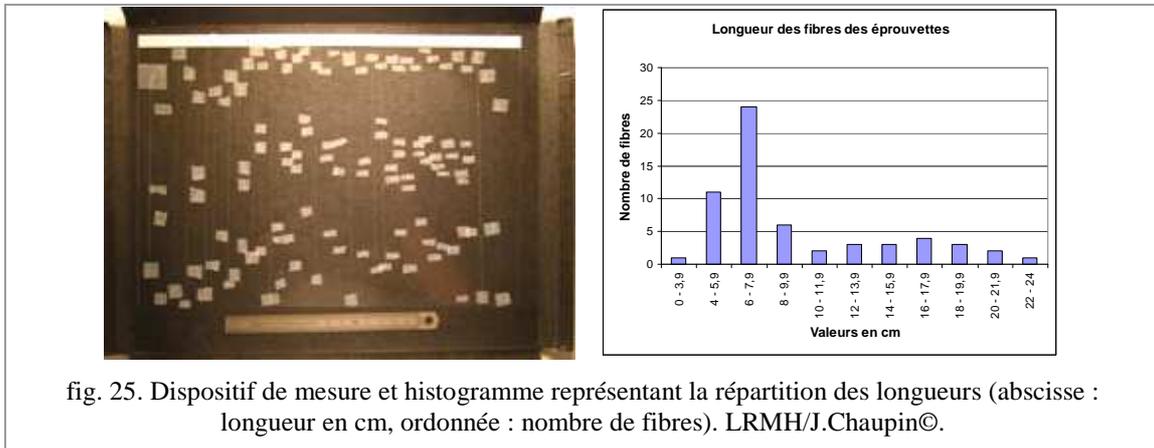
¹ Le loup est une machine à tambour rotatif armé de dents servant à battre et à ouvrir la laine.

² MORTON, HEARLE, 1975. p.n.d.

³ *Recueil de normes françaises des textiles*. « Détermination de la longueur et de la distribution de longueur des fibres (par le mesurage des fibres individuelles), avril 1981 ». Tome 1, Fibres et fils analyse chimique des textiles, 3^e édition, AFNOR, Paris, 1983, pp.281-285.

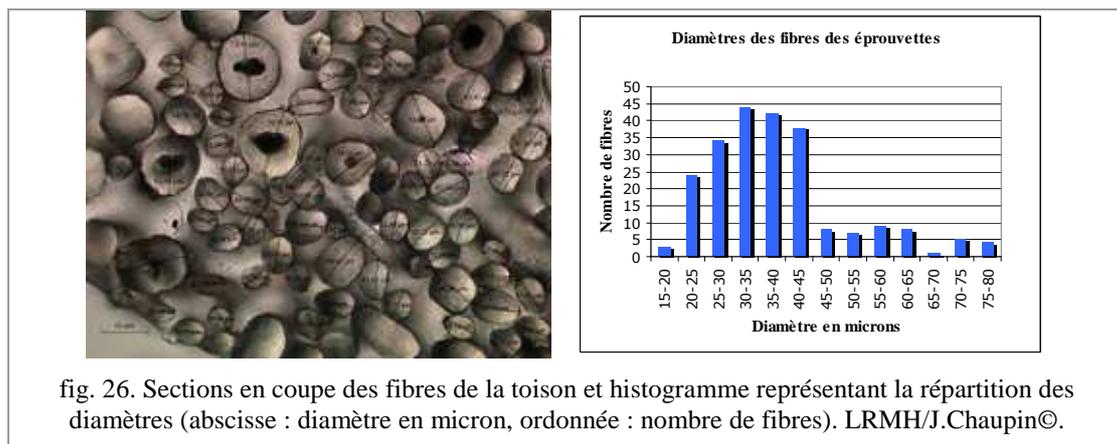
Les mesures ont été faites sur 60 fibres.

L'histogramme, représentant la répartition des longueurs (fig. 25), montre une distribution très étendue allant de 4 à 24 centimètres qui indique que les fibres n'ont pas toutes la même longueur. Une majorité d'entre elles se situe cependant dans la classe de longueur de 6 et 8 centimètres. Les valeurs extrêmes ne correspondent qu'à une seule fibre.



Détermination du diamètre des fibres

En s'appuyant sur la norme NF G 07-004¹, le diamètre des fibres est déterminé à partir de la section transversale des fibres, réalisée au fibrotome, après inclusion dans une résine polyester. Les coupes sont observées sous microscope optique en lumière transmise après montage entre lame et lamelle. Un logiciel d'analyse permet de réaliser les mesures.



217 fibres ont été mesurées. L'histogramme représentant la répartition en classes de diamètres met en évidence la grande dispersion des valeurs qui vont de 15 à 80 microns.

¹ Recueil de normes françaises des textiles. « Essais des fibres, détermination du diamètre des fibres de laine, méthode du microscope à projection, décembre 1973 ». Tome 1, Fibres et fils analyse chimique des textiles, 3^e édition, AFNOR, Paris, 1983, pp.265-271.

L'allure du graphique montre une répartition inégale et dissymétrique de la courbe, qui indique une distribution plus importante de fibres avec un diamètre inférieur à 45 microns. La classe de diamètre moyen correspond à 30-35 microns ; on note cependant la présence de grosses fibres dont les diamètres sont de l'ordre de 50 à 80 microns (fig. 26).

Les mesures des diamètres et des longueurs de fibres de la laine choisie pour la confection des éprouvettes mettent en évidence la grande hétérogénéité des fibres. Ce qui nous confirme le caractère mixte de la toison de la race de Thône-et-Marthod choisie.

2.2.2 La confection des éprouvettes

Les éprouvettes de feutres et les non-tissés ont été fabriqués à la main, de manière artisanale. Ils ne représentent pas des séries d'éprouvettes exactement similaires¹.

Les éprouvettes (fig. 27) sont confectionnées à l'atelier textile de l'Institut national du patrimoine. La laine est débarrassée des dernières impuretés par un triage

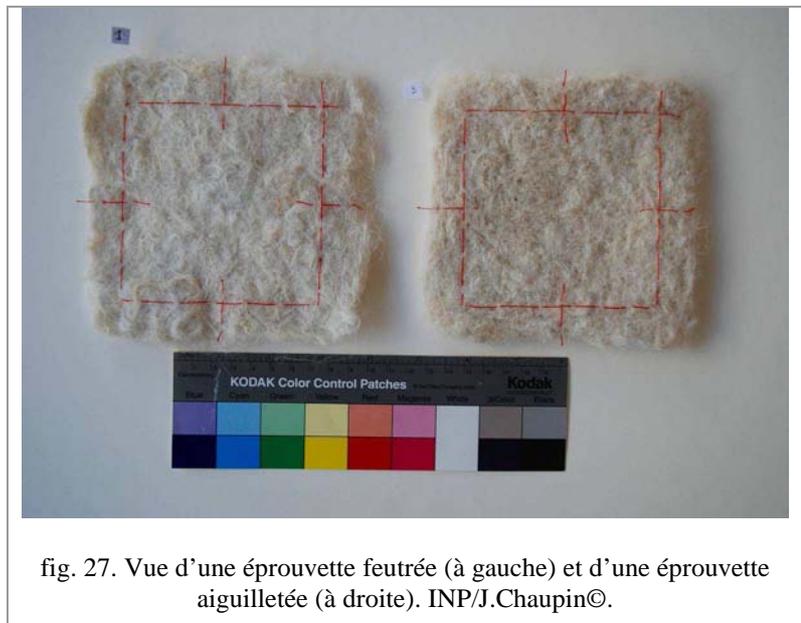


fig. 27. Vue d'une éprouvette feutrée (à gauche) et d'une éprouvette aiguilletée (à droite). INP/J.Chaupin©.

minutieux à la main. Par la même occasion, les mèches par trop enchevêtrées et déjà « feutrées » sont écartées et la laine est cardée à la main ; les fibres sont grossièrement démêlées.

Des éprouvettes de 15 cm x 15 cm (l'épaisseur est également contrôlée) ont été préparées à partir de 20 grammes de toison blanche. Leur dimension à la fin du travail est identique à 0,5 centimètre près.

¹ L'ensemble des dimensions et des mesures du poids des éprouvettes est présenté en annexe p. 122.

2.2.2.1 Feutrage par voie humide

Le feutrage par voie humide se fait sous la direction de madame Christina Zofall-Wilson¹. Les éprouvettes sont toutes travaillées en même temps. La laine pour chaque éprouvette est étalée en un carré de 17 centimètres de côté placé sur une grande natte posée sur une serviette-éponge (fig. 28). La laine est délicatement arrosée de solution savonneuse et de mousse produite avec une éponge. L'air de la masse de fibre est délicatement chassé à l'aide de petites pressions avec la paume de la main.



fig. 28. Disposition des éprouvettes sur la natte de travail. INP/J.Chaupin©.

Dans la pratique, on distingue deux étapes dans le travail : le feutrage et le foulonnage.

Le feutrage correspond à la formation des crochets par les fibres et à l'enchevêtrement qui s'en suit. La natte est enroulée sur elle-même et le premier mouvement est un roulement unidirectionnel. Une fois le premier trajet effectué, la natte est retournée et elle est déroulée pour être enroulée dans l'autre sens. Le mouvement de roulage se fait toujours avec une pression venant d'en haut, pour tasser les fibres. Le déroulement de natte permet de déplacer les éprouvettes sur l'ensemble de l'espace de travail, de les retourner et de leur faire faire un quart de tour. Ces permutations sont faites selon un ordre systématique. Cette phase dure 20 minutes. La natte subie ensuite un mouvement de va-et-vient plus énergique. À chaque fois que la natte a effectué un nombre défini de va-et-vient, elle est déroulée et les éprouvettes sont permutées. Puis la natte est enroulée et retournée. Cette phase dure également 20 minutes.

Durant *le foulonnage*, les fibres se rétractent sous l'effet du mouvement de compression-extension. Le retrait de la masse de laine correspond à l'enchevêtrement de plus en plus intime des fibres entre elles ainsi qu'au resserrement des ondulations.

Le foulonnage de chaque éprouvette se fait à la main. L'éprouvette est enroulée sur elle-même et roulée en va-et-vient sur le fond bosselé d'une bassine pendant 5 minutes. Ensuite elle est malaxée durant 3 minutes dans le creux de la main. Enfin, elle est placée dans la natte pour y subir un mouvement énergique de va-et-vient pendant 5 minutes.

¹ Christina Zofall-Wilson anime l'atelier de feutre LANA STRATUS. Elle se caractérise par sa volonté de valoriser les laines indigènes et locales. Son implication directe dans la sélection et la transformation de la laine utilisée permet la traçabilité de chaque création. Elle travaille depuis 1979 dans la laine, d'abord en tant que fileuse et, depuis 1985, le feutre devient son activité principale. Elle propose une méthode de feutrage qui se trouve en annexe p.120.

2.2.2.2 Aiguilletage

Pour nous aider dans le choix des aiguilles nous avons demandé conseil auprès de l'entreprise allemande Groz-Beckert, qui fabrique et commercialise des aiguilles à coudre et à tricoter depuis 1852 et des aiguilles à feutrer depuis 1993¹. Le laboratoire d'essai de Groz-Beckert nous a proposé plusieurs aiguilles appropriées au feutrage de la laine Thône-et-Marthod. La laine est très hétérogène et l'utilisation simultanée des cinq types d'aiguilles est nécessaire pour un aiguilletage uniforme et complet d'une masse de fibres².

Chaque éprouvette est confectionnée séparément. La laine est étalée sur une plaque d'ethafoam® selon un carré d'environ 14 centimètres de côté³. La laine est piquée avec 15 aiguilles enserrées dans un support (fig. 29). Celui-ci est fait d'une plaque de contre-plaqué, percée de trous de deux millimètres de diamètre disposés aléatoirement. Trois aiguilles de chaque type sont insérées aléatoirement dans les trous. Une seconde plaque de contre-plaqué vissée sur la première permet de maintenir les aiguilles à la verticale. Ce support permet d'assurer un aiguilletage aléatoire jusqu'à l'obtention des dimensions prédéfinies.



fig. 29. Laine et support à aiguilles. INP/J.Chaupin©.

2.2.2.3 Aspect des éprouvettes

L'observation visuelle (fig. 30) montre, pour le feutre, une surface lisse. Elle est douce au toucher. Les fibres sont plaquées sur la surface par le travail mécanique du feutrage. Il est intéressant de noter que des mèches de fibres sont visibles. Pour le non-tissé, la surface est rugueuse au touché. De nombreuses fibres individuelles forment une boucle s'échappant de la surface. Il s'agit des fibres entraînées par les aiguilles.

¹ Monsieur Croizé, directeur commercial à Paris, a très favorablement répondu à nos multiples demandes. Ainsi, avons-nous envoyé un échantillon de la laine utilisée pour les éprouvettes au laboratoire de l'entreprise en Allemagne.

² La fiche technique des aiguilles utilisées se trouve en annexe p.121.

³ Ethafoam® : plaque en mousse de polyéthylène extrudé.



fig. 30. Vue de la surface du feutre (à gauche) et du non-tissé aiguilleté (à droite). INP/J.Chaupin©.

L'observation macroscopique de la surface montre, pour les deux méthodes de fabrication, des fibres enchevêtrées. Elles ne se touchent qu'en certains points et ne forment pas de nœuds. Dans l'épaisseur de la nappe, les fibres du feutre sont parallèles entre elles. Celles du non-tissé sont parfois perpendiculaires les unes des autres car elles sont entraînées par les barbes de l'aiguille vers l'extérieur de l'éprouvette et y forment des boucles traversant la nappe de fibres au-dessus et au-dessous (fig. 31).

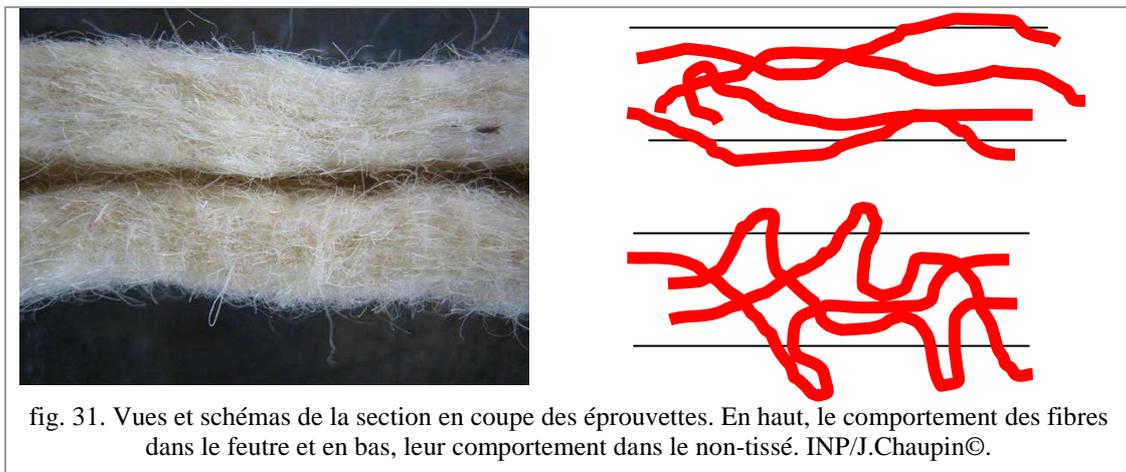


fig. 31. Vues et schémas de la section en coupe des éprouvettes. En haut, le comportement des fibres dans le feutre et en bas, leur comportement dans le non-tissé. INP/J.Chaupin©.

La confection des éprouvettes nous a permis de nous familiariser avec les deux méthodes de fabrication et leur résultat. Nous observons des différences d'aspect assez importantes. La méthode de fabrication influe fortement sur le produit fini.

Nous souhaitons attirer votre attention sur le fait que les feutres et non-tissés artisanaux sont, par définition, hétérogènes. Nous avons fait tout notre possible pour donner à la méthode de confection des éprouvettes la meilleure reproductibilité. Nous sommes cependant conscient que chaque éprouvette est unique et n'a pas de réplique exacte.

2.2.3 Examen de surface des fibres de laine

La surface des fibres extraites des éprouvettes est comparée avec celle des fibres de la toison. Il s'agit d'observer en particulier l'état des écailles ainsi que la structure de la fibre.

L'état de surface des fibres est observé au microscope électronique à balayage (MEB)¹ qui permet une meilleure résolution qu'avec le microscope optique. Les fibres sont métallisées à l'or. Les observations sont faites sous vide avec un détecteur d'électrons secondaires.

De manière générale, la surface des fibres est composée de la cuticule, constituée par l'emboîtement des écailles les unes sur les autres sur le pourtour de la fibre. La forme et l'arrangement des écailles les unes par rapport aux autres se fait selon des schémas caractéristiques d'une espèce de mouton.

La toison (témoin)

Dans le cas présent, les écailles du poil sont larges et plates avec une extrémité en pointe arrondie. Elles sont disposées régulièrement sur le pourtour de la fibre. Quelques soulèvements d'écailles sont visibles (fig. 32) et nous remarquons la présence de particules étrangères. La hauteur des écailles observées (de la pointe de l'écaille mesurée à la pointe de l'écaille suivante) mesure entre 25 et 30 microns environ.

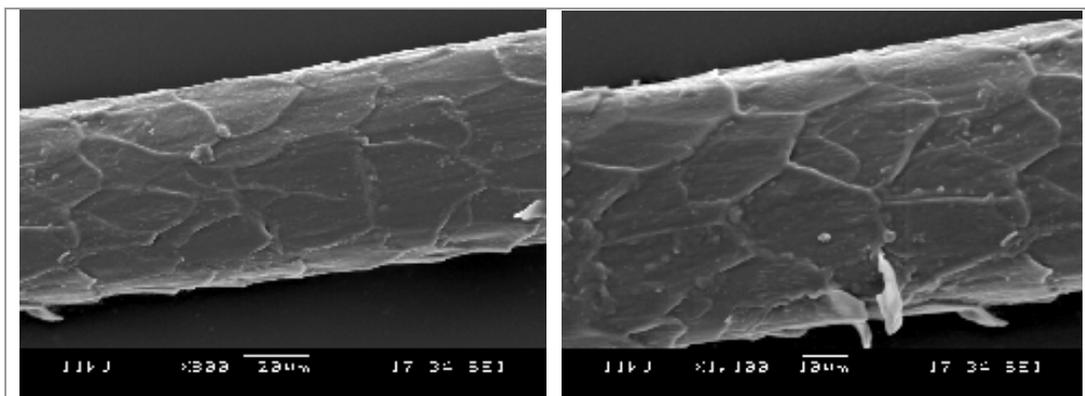


fig. 32. Fibres de la toison (x 800 et 1100). MEB. LRMH/J.Chaupin©.

¹ La manipulation est faite sous la direction de madame Dominique de Reyer avec le matériel du LRMH. Madame de Reyer, ingénieur de recherche au Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, a suivi et conseillé toutes les expérimentations faites lors de cette étude technico-scientifique.

Feutre par voie humide :

De nombreuses petites pellicules sont observées à la surface de la fibre, comme s'il y avait une desquamation de la couche externe de la cuticule (fig. 33).

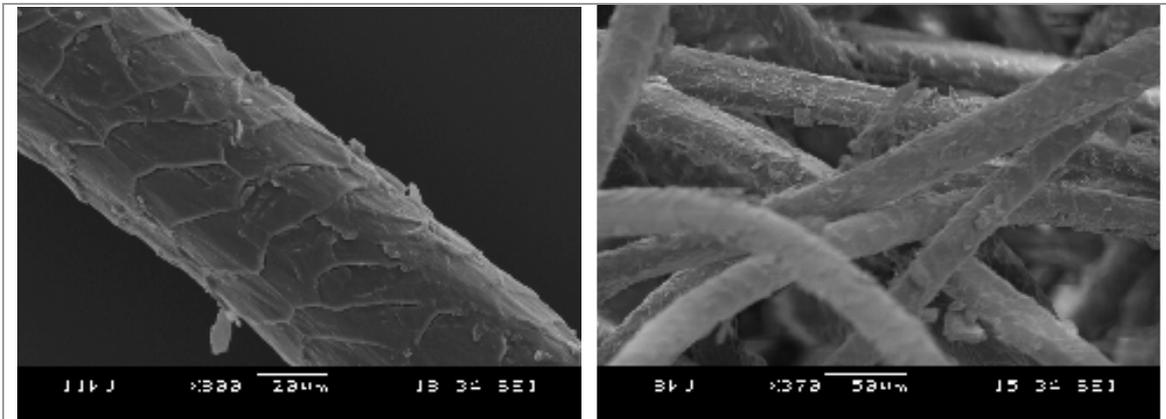


fig. 33. Fibres après feutrage par voie humide (x 800 et 370). LRMH/J.Chaupin©.

Il est probable que la pression exercée sur les fibres pendant le feutrage, par la friction des fibres entre elles, ait entraîné une altération des premières couches des écailles. Des observations plus approfondies permettraient de définir dans quelle mesure les trois couches de la cuticule sont touchées.

Non-tissé en laine aiguilletée :

La surface ne présente pas de desquamation, mais quelques fibres montrent des dégradations physiques plus importantes. Les fibres apparaissent cisailées et parfois même coupées (fig. 34). Cependant, ces dégradations ne sont visibles que sur quelques fibres observées. L'action mécanique des barbes (crochets) et de la pointe des aiguilles à feutrer semblent jouer parfois sur l'intégrité des fibres de laine.

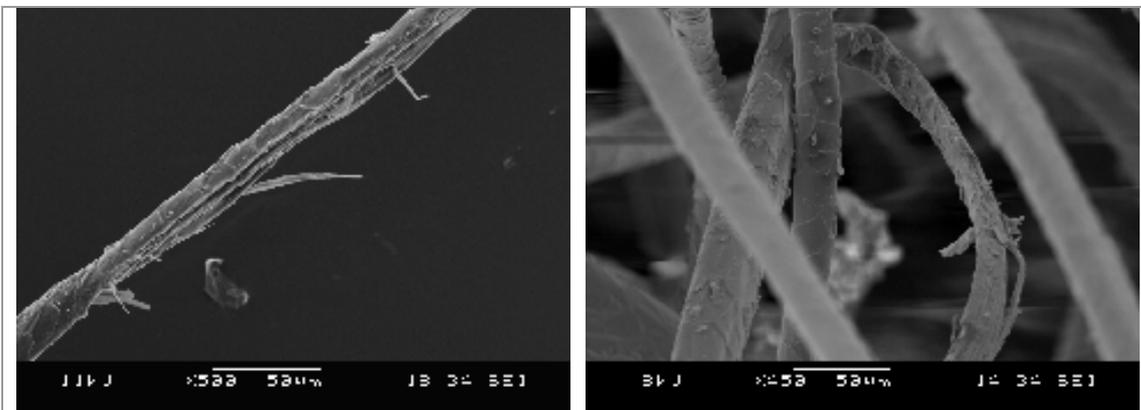


fig. 34. Fibres après aiguilletage (x 500 et 450). LRMH/J.Chaupin©.

Conclusion

L'observation de la surface des fibres révèle des dégradations dues aux deux méthodes de fabrication des éprouvettes. Une étude exhaustive de la résistance des fibres serait probablement significative pour déterminer dans quelle mesure les fibres individuelles, et, indépendamment du réseau créé par le travail de feutrage et d'aiguilletage, perdent de leur solidité.

2.2.4 Étude du réseau fibreux selon différentes méthodes d'évaluation de la porosité

Le feutre et le non-tissé sont des matériaux à microstructure fibreuse enchevêtrée, formée par des fibres et des espaces vides. Il nous a donc semblé intéressant, dans le cadre de ce mémoire, d'aborder les caractéristiques internes du milieu fibreux par l'étude de sa porosité. Celle-ci peut se définir comme le rapport du volume non occupé par de la matière solide, au volume total. Par conséquent, la mesure de la porosité de ces matériaux donne une information sur l'espace poral inter-fibres et éventuellement intra-fibres si celles-ci sont poreuses.

Nous avons choisi de mesurer la porosité selon quatre techniques, empruntées à l'étude des milieux poreux appliquées aussi bien à la pierre qu'au textile :

Le calcul théorique de la valeur de la porosité

La détermination de la perméabilité à l'air du matériau

La détermination de la cinétique de prise en eau par capillarité

La détermination microstructurale par la porosité au mercure

2.2.4.1 Calcul théorique de la valeur de la porosité

La porosité est une grandeur sans unité, exprimée ici en pourcentage. Elle représente le rapport entre les espaces vides de l'éprouvette par rapport à son volume apparent, qui est l'espace rempli par les fibres de laine. La porosité permet de comparer des corps poreux constitués d'un même matériau.

Protocole de calcul : le calcul de la valeur théorique de la porosité tient compte de la masse volumique de la laine (1,31 gramme par centimètre cube)¹. La formule est :

$$\text{Porosité \%} = 100 - [\text{masse surfacique} / 1,31 / 1000 / \text{épaisseur} \times 100]$$

où la masse surfacique de l'éprouvette est exprimée en g/m² et l'épaisseur en mm.

Pour mesurer l'épaisseur de l'éprouvette, nous l'avons placée entre deux plaques de verre ; l'écart, donc l'épaisseur, est mesuré avec une règle graduée de métal à 0,5 millimètre près. La plaque du dessus pèse 768 grammes. Afin de réduire la marge d'erreur une mesure est prise pour chaque direction du carré de l'éprouvette, en son centre. La moyenne des mesures est le chiffre retenu pour le calcul théorique de la porosité.

	Feutre	Non-tissé
Masse surfacique (g/m²)	972,3 ± 45,8	1056,6 ± 19,6
Épaisseur (mm)	9,8 ± 0,3	10,8 ± 0,3
Masse volumique de la laine (g/cm³)	1,31	1,31
Porosité (%)	92,5 ± 0,3	92,5 ± 0,2

fig. 35. Tableau des résultats du calcul de la valeur théorique de la porosité. Les résultats correspondent à la valeur moyenne des dix éprouvettes de chaque série.

*Résultats*² : la valeur de la porosité calculée est de 92,5 % pour les deux séries d'éprouvettes. Les deux matériaux ont une porosité élevée, où la proportion d'espaces vides est beaucoup plus importante que celle des espaces remplis par la matière. Le calcul théorique nous apporte une première information sur la porosité des matériaux, mais la méthode n'est pas suffisamment discriminante pour permettre de faire une distinction entre les deux techniques de fabrication des éprouvettes.

¹ Cette méthode et la formule correspondante nous ont été données par monsieur Vroman, enseignant-chercheur à l'Ecole nationale supérieure des arts et industries textiles de Roubaix. CAY, A., VASSILIADIS, S., RANGOSSI, M., TARAKCIOGLU, I.. "On the use of image processing techniques for the estimation of the porosity of textile fabrics". *World Academy of Science, Engineering and Technology*, n°2, 2005, p.77. BERKALP, B.O.. « Air permeability and porosity in spun-laced fabrics ». *Fibres and textiles in Eastern Europe*, vol 14, n°3 (57), juillet-septembre 2006, p.83.

² L'ensemble des résultats des calculs est présenté en annexe, p.123.

2.2.4.2 Détermination de la perméabilité à l'air¹

La mesure de la perméabilité à l'air est un protocole utilisé dans le domaine des textiles filtrants et des non-tissés. La mesure du passage de l'air au travers de l'éprouvette permet de comparer des milieux poreux constitués d'un même matériau. Elle se définit comme la capacité qu'a un matériau à se laisser traverser par un fluide (l'air dans le cas présent). On mesure le débit d'air (en litre d'air par seconde et par mètre carré) passant perpendiculairement à l'éprouvette (et donc au plan de travail de confection des éprouvettes) avec une pression différentielle définie et constante.

Protocole expérimental: pour cette expérimentation, nous avons suivi la norme ISO 9237 :1995 (F)². Les essais ont été réalisés à partir d'éprouvettes préalablement conditionnées à 60% HR et 20°C et montées sur le porte-éprouvette circulaire, de façon à recouvrir le trou par où l'air est éjecté (fig. 36). L'air est soumis à une pression différentielle de 200 Pascal. Une seconde manipulation, où l'éprouvette est remplacée par un film plastique, mesure la perte latérale et permet de comptabiliser le débit d'air réel qui passe au travers de l'éprouvette.

Les essais sont menés à partir de cinq éprouvettes de chaque série.

L'expérimentation a été menée dans une pièce conditionnée à 60 % d'humidité relative et 20° Celsius.



fig. 36. Vue du dispositif. ENSAIT/M.Lewandowski©.

¹ Cette expérimentation nous a été suggérée par madame Lewandowski, enseignante-chercheur à l'École nationale supérieure des arts et industries textiles de Roubaix où elle a été réalisée.

² Textiles – Détermination de la perméabilité à l'air des étoffes, Norme internationale ISO 9237 :1995 (F), 5 p.

*Résultats*¹ : les résultats sont exprimés par le calcul du débit d'air moyen passant au travers des éprouvettes d'une série. Ils sont reportés dans le tableau de la fig. 37.

	Débit de l'air total (l ⁻¹ s ⁻¹ m ⁻²)	Perte latérale (l ⁻¹ s ⁻¹ m ⁻²)	Perméabilité à l'air (l ⁻¹ s ⁻¹ m ⁻²)
Feutre	999,6 ± 144,7	154,6 ± 9,4	845 ± 139,6
Non-tissé	1382 ± 182,8	296,2 ± 22,2	1085,8 ± 165,4

fig. 37. Tableau des résultats du débit d'air moyen obtenus lors de la perméabilité à l'air.

On observe que les éprouvettes de non-tissé laissent passer 1085,8 litres d'air par seconde et par mètre carré en moyenne. Celles qui sont en feutre laissent passer 845 litres d'air par seconde et par mètre carré en moyenne.

Nous avons vu que l'agencement des fibres à l'intérieur des deux matériaux était différent. Dans le feutre, les fibres sont presque toutes parallèles au plan de travail, alors que dans le non-tissé, quelques-unes sont également perpendiculaires au plan (voir fig. 31 page 49). Cette différence d'organisation des fibres peut être responsable de la différence de perméabilité puisqu'il existe un chemin préférentiel qui draine le passage de l'air. Lorsque les fibres sont perpendiculaires au plan, comme dans le non-tissé, elles laissent passer plus facilement l'air que si elles sont toutes organisées parallèlement au plan, comme dans le feutre. De même, les trous créés par les aiguilles sont probablement des passages préférentiels pour l'air qui justifient que le non-tissé ait une perméabilité supérieure à celle du feutre.

¹ L'ensemble des résultats des calculs est présenté en annexe p.123.

2.2.4.3 Détermination de la cinétique d'absorption en eau par capillarité¹

L'absorption d'eau est déterminée par une méthode de mouillage dérivée du protocole EN 1926. L'imbibition progressive de l'éprouvette par sa base permet de mesurer la vitesse d'ascension de l'eau au cours du temps. Le suivi de la cinétique par imbibition se fait par pesée.

Protocole expérimental: les essais ont été réalisés à partir d'éprouvettes préalablement conditionnées à 60% HR et 20°C et suspendues dans une enceinte conditionnée à humidité relative constante. Le portoir est directement relié à une microbalance (Mettler Toledo) à enregistrement automatique, de précision 0,01mg. La base de l'éprouvette est immergée sur une hauteur de 10 mm dans un réservoir d'eau (la surface du récipient d'eau doit être suffisamment grande pour que l'absorption se fasse à volume d'eau constant pendant toute la durée de la manipulation). Pour améliorer la mouillabilité du feutre et du non-tissé, 0,5 % de Tween 20 (tensio-actif) est ajouté à l'eau du réservoir. L'eau est également teintée avec du bleu de méthylène (colorant neutre) pour visualiser la progression du front d'eau (fig. 38).

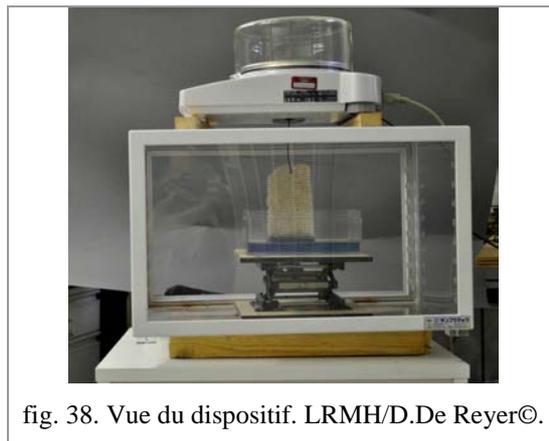


fig. 38. Vue du dispositif. LRMH/D.De Reyer©.

La prise de poids en eau est enregistrée automatiquement par la balance toutes les 10 minutes ; l'expérimentation est poursuivie jusqu'à atteindre une valeur constante (point de saturation).

Les essais ont été faits à partir d'une éprouvette de 5 x 10 cm de chaque série.

L'expérimentation a été menée dans une pièce conditionnée à 50 % d'humidité relative et 20° Celsius.

*Résultats*² : les résultats sont exprimés sous la forme de courbes représentant la masse d'eau absorbée en fonction de la surface de la section immergée de l'éprouvette, $\Delta M/S$ (g/m²), en fonction de la racine carrée du temps¹ (fig. 39).

¹ M. Jean-Didier Mertz et M. Michaël Guiavarc'h du pôle pierre du LRMH nous ont aidée, conseillée et soutenue pour cette expérimentation.

² Les données chiffrées correspondant à cette expérimentation n'ont pas pu être insérées dans ce mémoire car le fichier est trop lourd. Il est prévu de les mettre en annexe en format numérisé lors du rendu final.

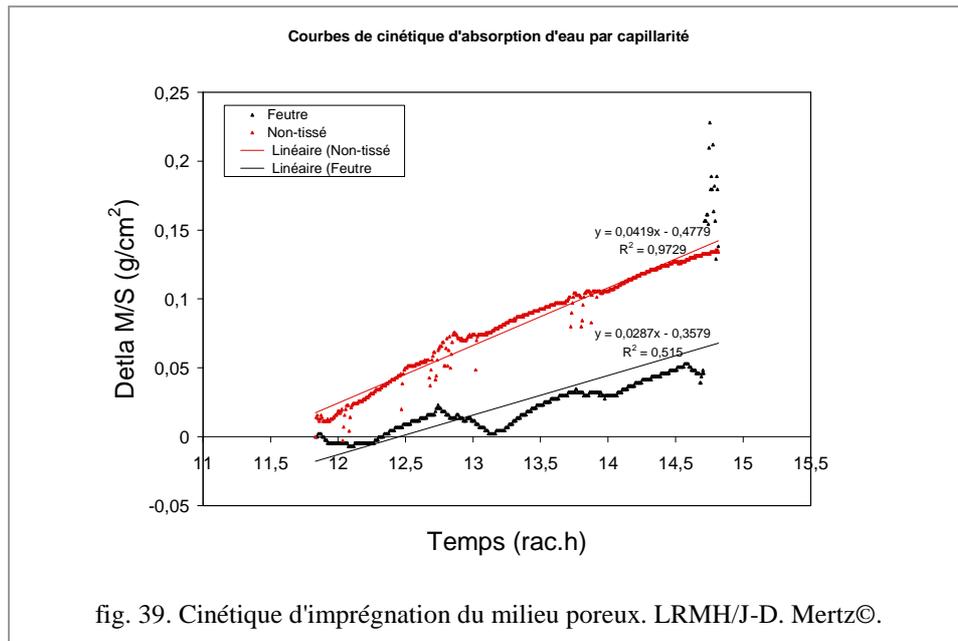


fig. 39. Cinétique d'imprégnation du milieu poreux. LRMH/J-D. Mertz©.

Où ΔM = prise de poids en eau de l'éprouvette, en gramme.

et S = section de l'éprouvette en contact avec l'eau, en cm^2

Les courbes obtenues mettent en évidence des vitesses d'imbibition différentes. On constate qu'au bout de trois semaines, l'équilibre de saturation n'a pas été atteint.

Afin d'éviter les interférences inhérentes à l'expérimentation comme les variations de températures, nous avons comparé les vitesses d'imbibition sur une période de temps définie entre 144 et 225 heures (12 et 15 unités de temps).

Le coefficient directeur permet de déterminer la pente des droites grâce à la formule suivante :

$$\text{Coefficient directeur } y = (y_B - y_A) / (x_B - x_A)$$

où A et B sont deux points de cette droite, avec une abscisse x et une ordonnée y

Les résultats obtenus montrent que la vitesse d'imbibition, exprimée en gramme d'eau par unité de temps est :

Pour le feutre : $y = 0,029$

Pour le non-tissé : $y = 0,042$

Le coefficient directeur du non-tissé est 1,5 fois supérieur à celui du feutre ce qui veut dire que le non-tissé absorbe près de deux fois plus d'eau que le feutre.

Or, la vitesse d'imbibition d'un milieu poreux est déterminée par la structure des pores de ce milieu. Ainsi, plus la vitesse d'imbibition est importante, plus la structure des pores est homogène ou plus uniformément répartie. Ainsi, les fibres du non-tissé sont plus proches les

¹ La théorie de Washburn (1912) montre que la vitesse d'imbibition capillaire dans un milieu poreux est fonction de la racine carrée du temps.

unes des autres que celles du feutre puisque l'eau y pénètre plus vite. Cette expérimentation suggère que la méthode de fabrication des éprouvettes influe sur les caractéristiques microstructurales du réseau de pores des deux matériaux.

2.2.4.4 Détermination microstructurale par porosimétrie au mercure¹

La porosimétrie au mercure est une méthode destructrice permettant d'obtenir des informations quantitatives sur la microstructure d'un milieu poreux, et en particulier sur la porosité et la distribution des tailles de pores, c'est-à-dire des espaces entre les fibres. Elle est réalisée sur un porosimètre Micromeritics Autopore 9500 entièrement automatisé et piloté par informatique. L'essai consiste à injecter du mercure sous pression et à déterminer, pour chaque palier de pression, le volume de mercure qui a pénétré dans l'échantillon. Le mercure étant un fluide non-mouillant (contrairement à l'eau), il faut lui appliquer une pression pour qu'il imprègne un milieu. L'application physique de la loi de Laplace (1805) donne la relation entre la pression P et la taille des pores :

$$P = 2 \sigma \cos\theta/r$$

Où σ = tension superficielle du mercure, θ = angle de contact du mercure

et r : rayon du plus petit pore accessible au mercure pour une pression P

Protocole expérimental : au cours de l'essai, le mercure va pénétrer dans des pores de plus en plus fins au fur et à mesure que la pression appliquée sur le mercure augmente. Le porosimètre utilisé permet de balayer une gamme de pores (en rayon) comprise entre 190 et 0.035 μm environ, ce qui correspond à des pressions comprises entre 0.003 et 206 MPa. Pour s'affranchir des effets thermiques, puisque le mercure est avant tout un thermomètre, l'essai est réalisé rapidement, en moins de deux heures, dans des conditions isothermes contrôlées. Connaissant la masse initiale de l'échantillon et les caractéristiques physico-chimiques du mercure, l'essai permet d'accéder à certaines caractéristiques du milieu poreux considéré.

Résultats : les données quantitatives¹ sont reportées dans le tableau de la fig. 40 et les courbes de la fig. 41.

¹ La manipulation de détermination de la porosimétrie au mercure doit être faite par une personne formée et habilitée. C'est M. Michaël Guiavarc'h qui a fait la manipulation au LRMH. Cette expérimentation a été menée en complément des autres expérimentations et nous n'y avons pas pris part. Nous avons restitué ici le rapport d'expérimentation écrit par M. Jean-Didier Mertz.

	Feutre	Non-tissé
Masse volumique apparente (g/cm³)	1.109	1.154
Masse volumique réelle (g/cm³)	1.165	1.186
Surface spécifique (m²/g)	0.228	0.165
Rayon moyen d'accès aux pores (µm)	86.7	102.2
Porosité accessible au mercure (%)	82.97	80.17

fig. 40. Tableau des données quantitatives des mesures de la porosimétrie au mercure.

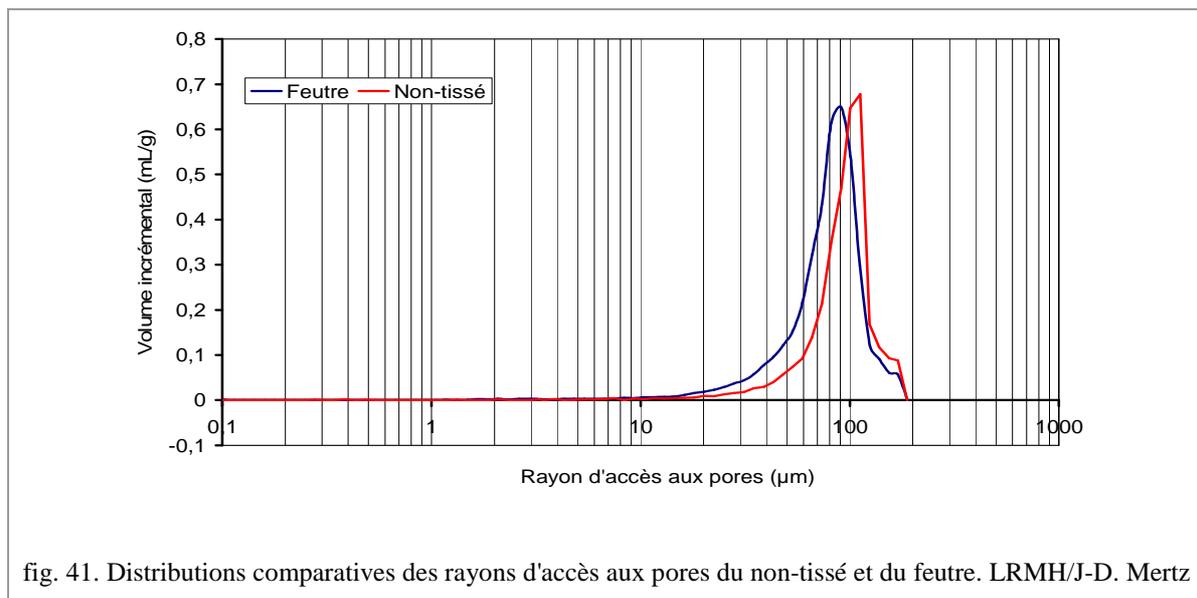


fig. 41. Distributions comparatives des rayons d'accès aux pores du non-tissé et du feutre. LRMH/J-D. Mertz

Les analyses suggèrent que les éprouvettes de feutre sont initialement moins denses et plus poreuses que celles du non-tissé. Ces données confirment l'appréciation macroscopique bien perceptible des produits au toucher. La fig. 41 montre un *shift* vers la droite (pic centré sur 86 et 102 µm) du spectre des rayons de pores pour le non-tissé : ceci suggère que l'effet du travail à l'aiguille a tendance accroître la dimension des pores les plus gros. Par contre, les pores de plus petite dimension (par exemple entre 20 et 100µm) sont moins volumineux et donc moins abondants pour le produit traité à l'aiguille, d'où sa plus grande compacité (1.18 contre 1.16 g/cm³). Il est encore remarquable de constater que les deux produits ne présentent aucun pore inférieur à 20µm d'ouverture, ce qui suggère que l'essentiel de la porosité est situé entre les fibres et que les fibres elles-mêmes doivent être considérées comme non poreuses.

Conclusion sur l'évaluation de la porosité des matériaux :

¹ Les données chiffrées correspondant à cette expérimentation n'ont pas pu être insérées dans ce mémoire car le fichier est trop lourd. Il est prévu de les mettre en annexe en format numérisé lors du rendu final.

Ces diverses approches expérimentales nous apportent un certain nombre d'informations sur la structure fibreuse du feutre et du non-tissé.

On a vu à partir des tests de perméabilité à l'air qu'il existait des chemins préférentiels du passage de l'air, suggérant une structure interne différente pour les deux types de matériaux.

Les mesures de cinétique d'absorption d'eau apportent des informations au niveau des caractéristiques microstructurales du réseau de pores, suggérant une répartition plus homogène des pores dans le non-tissé.

La porosimétrie au mercure nous permet d'accéder à la taille des pores et suggère la présence plus nombreuse de gros pores dans le non-tissé où par contre, les pores de plus petite dimension, entre 20 et 200 microns, sont moins abondants, d'où sa plus grande compacité. Les résultats ont permis de constater que l'essentiel de la porosité se situait entre les fibres.

2.2.5 Étude du comportement hygroscopique des matériaux

L'hygroscopicité est une propriété importante de la fibre de laine (voir p. 36). Les fibres peuvent fixer plus ou moins d'eau pour maintenir leur taux d'humidité en équilibre avec celui de l'environnement ambiant. Afin d'évaluer le comportement du feutre et du non-tissé face aux variations d'humidité relative, nous avons mis en place un protocole expérimental visant à mesurer le taux de sorption en eau ainsi que les variations dimensionnelles des éprouvettes lorsqu'on les soumet à des humidités relatives différentes. Ces deux expérimentations sont menées simultanément et sur les mêmes éprouvettes.

Le taux de sorption en eau des fibres

La sorption en eau d'un matériau correspond à une masse d'eau retenue par une certaine quantité de matière en équilibre hygrométrique avec une atmosphère déterminée. Le taux de sorption ou d'adsorption de vapeur d'eau correspond à la masse d'eau retenue rapportée à 100 grammes de matière sèche initiale.

$$\text{Taux de sorption ou désorption \%} = (M_t - M_o / M_o) \times 100$$

où M_t est la masse de l'éprouvette en atmosphère d'essai au temps t

et M_o est la masse initiale de l'éprouvette conditionnée à 50% HR et 20°C

Dans le cas présent, la masse initiale des éprouvettes ne correspond pas à la masse à sec après séchage à 105°C. De manière à se rapprocher des conditions réelles, les éprouvettes ont été maintenues dans une ambiance d'équilibre à 60% HR et 20°C

Protocole expérimental: les essais ont été réalisés à partir d'éprouvettes préalablement conditionnées à 60% d'humidité relative et 20° Celsius et placées ensuite dans des enceintes réglées à différentes humidités relatives : 33, 75 et 97%. Pour mener à bien cette expérimentation, nous avons utilisé des enceintes conditionnées avec des solutions salines saturées. À température ambiante



fig. 42. Vue du dispositif. INP/J.Chaupin©.

constante, une solution aqueuse saturée en sel placée dans une enceinte close maintient une humidité constante. Le choix du sel se fait en fonction de l'humidité relative recherchée à 20°C (fig. 42).

Le chlorure de magnésium fixe l'humidité à 33%

Le chlorure de sodium fixe l'humidité à 75%

Le sulfate de potassium fixe l'humidité à 97%

La prise en eau est suivie par des pesées successives jusqu'au point d'équilibre. Les essais ont été faits à partir de trois éprouvettes de chaque série. Les éprouvettes ont été pesées sur une balance de précision, deux fois par jour, en début et en fin de journée.

L'expérimentation a été menée dans une pièce conditionnée à 60 % d'humidité relative et 20° Celsius.

*Résultats*¹ : pour chaque série, conditionnée dans une humidité relative donnée, l'expérimentation permet de tracer les courbes de la prise en eau moyenne des matériaux par rapport au poids de départ (en %) et en fonction du temps (en heure).

La fixation en eau étant sensible à la température, nous avons reporté dans le graphique la courbe correspondant à l'évolution de la température (en vert) au cours des essais.

¹ L'ensemble des mesures est présenté en annexe p.124 à 126.

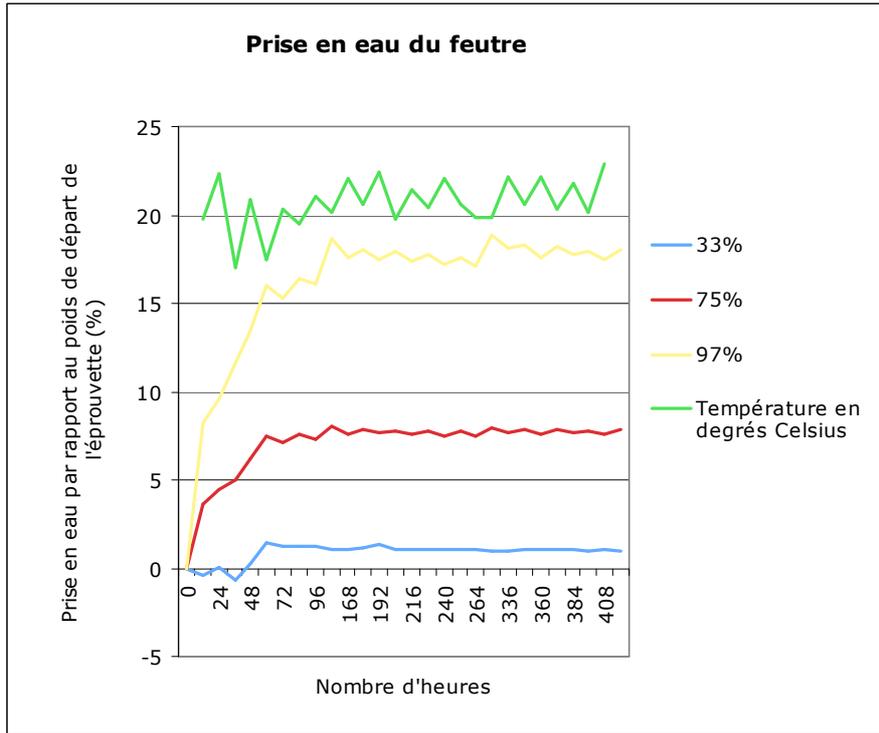


fig. 43. Courbes d'adsorption des éprouvettes en feutre et courbe de température. INP/J.Chaupin©.

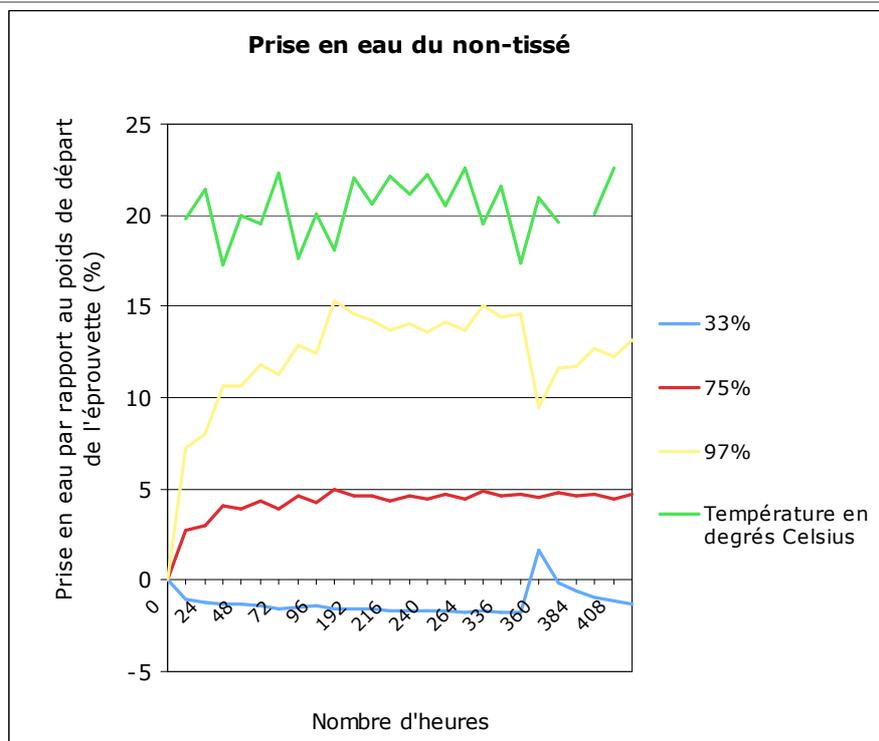


fig. 44. Courbes d'adsorption des éprouvettes de non-tissé. et courbe de température. INP/J.Chaupin©.

Les courbes se présentent selon un schéma identique (fig. 43 et fig. 44). Lorsque les éprouvettes sont placées dans une enceinte où l'humidité relative est supérieure à celle du conditionnement de départ, on observe une augmentation de la prise en eau jusqu'à un équilibre avec l'environnement de l'enceinte. Il y a alors une adsorption d'eau (à 75 et 97 %). Inversement, lorsque les éprouvettes sont placées dans une enceinte où l'humidité relative est inférieure à celle du conditionnement de départ, on observe une diminution de la prise en eau jusqu'à un équilibre avec l'environnement de l'enceinte. Il y a alors une désorption d'eau (à 33%). Il faut signaler l'allure « anormale » de la courbe à 33% pour le feutre. Après une diminution de la masse en eau, on observe une reprise d'eau, contrairement au comportement attendu. Ce résultat pourrait s'expliquer par les variations de températures lors de l'expérimentation. L'« accident » que l'on observe sur les courbes de prise en eau du non-tissé aiguilleté à 360 heures est dû à une permutation involontaire des éprouvettes de l'enceinte à 33% HR avec celles de l'enceinte à 97% HR.

Quand les éprouvettes sont conditionnées à 97 % d'humidité relative, nous observons que le feutre adsorbe en moyenne plus d'eau (jusqu'à 18% du poids de départ). Le non-tissé adsorbe dans une proportion moindre (jusqu'à 15 % du poids de départ). Il est intéressant de noter que la dispersion des valeurs est plus importante pour les éprouvettes en feutre (fig. 43, fig. 44, fig. 45).

	Feutre	Non-tissé
À 33 %	0,9 % ± 0,29	- 1,4 % ± 0,12
À 75 %	7 % ± 1,25	4,2 % ± 0,12
À 97 %	15,9 % ± 2,01	12 % ± 0,14

fig. 45. Valeurs du taux de sorption et de désorption obtenues.

Selon la théorie de Kelvin (1870), il existe une relation directe entre l'humidité relative et la taille des pores où peut s'exercer la condensation. Nous entendons par condensation, la succession de plusieurs couches d'eau mono-moléculaire fixées à la surface des fibres, délimitant entre elles un « tube capillaire ». Plus l'humidité relative dans laquelle se trouvent les matériaux est importante, plus la taille des pores dans lesquels va s'exercer la condensation sera petite. Comme le laisse à penser l'étude de la porosité par capillarité, le non-tissé devrait adsorber plus d'eau que le feutre, car les fibres sont plus rapprochées les unes des autres. Or le résultat de l'expérimentation du comportement hygroscopique montre que le feutre a adsorbé en moyenne plus d'eau que le non-tissé.

Il est difficile de tirer des conclusions significatives à partir des résultats, car les deux séries d'expérimentations n'ont pas été faites en même temps. Les courbes de températures montrent des différences qui ont pu influencer sur la qualité de la régulation de l'humidité relative dans les enceintes. En effet, la stabilité à la température des sels est délicate.

Il est possible de considérer que les variations de taux de reprise en eau que l'on observe à 97 % d'HR soient en relation avec l'état d'altération et de rugosité de surface des fibres. Lorsqu'une fibre est altérée ou défibrillée, sa surface d'échange augmente, conduisant à une capacité de fixation de vapeur d'eau plus importante. Une étude approfondie du phénomène d'adsorption et de la structure des fibres de laine serait intéressante pour mieux comprendre les phénomènes mis en jeu.

Le degré d'humidité des objets en feutre ou en non-tissé de laine varie avec l'humidité relative de l'environnement dans lequel ils sont conservés, de la température ainsi que de la porosité du matériau constitutif. Le taux de reprise en eau peut représenter jusqu'à 18 % du poids du matériau, ce qui entraîne une augmentation non négligeable de sa masse et peut provoquer des altérations lorsque les œuvres sont suspendues.

La variation dimensionnelle des éprouvettes

L'objectif de cette expérimentation est d'évaluer les variations dimensionnelles des matériaux en mesurant leur étirement ou leur rétrécissement à partir de repères placés sur les éprouvettes.

Chaque série d'éprouvettes est placée dans une enceinte à humidité relative constante. Les éprouvettes de feutre et de non-tissé ont été placées séparément dans les enceintes. Le marquage des éprouvettes est fait par des points de couture, lâches, en un carré de 10 x 10 cm, sur une des faces avec des repères au milieu de tous les cotés (fig. 27 page 46). Nous avons fabriqué un modèle en carton de la dimension des carrés et mentionnant les repères. Lorsque les éprouvettes ont atteint une masse constante, nous avons placé ce modèle sur la face des éprouvettes, en faisant correspondre les repères. La différence entre le modèle de départ et la couture est mesurée avec une règle graduée avec une précision de 0,1 mm. Une seconde mesure de chaque côté du carré cousu est prise directement sur les éprouvettes.

Les variations dimensionnelles correspondent au taux d'étirement ou de rétrécissement des éprouvettes, rapporté aux mesures initiales du marquage (fig. 46) :

$$\text{Taux de rétrécissement ou d'étirement} = (L_t - L_o) / L_o \times 100$$

où L_o est la dimension initiale du côté du carré de marquage
et L_t est la dimension du côté du carré de marquage à saturation

	Feutre	Non-tissé
33 %	$0 \times - 0,33 \pm 0 \times 0,58$	$0,83 \times 0,33 \pm 1,61 \times 0,58$
75 %	$- 1,17 \times 0,33 \pm 1,04 \times 0,58$	$- 0,33 \times 0,67 \pm 0,58 \times 1,15$
97 %	$- 0,5 \times - 2 \pm 0,71 \times 0$	$- 0,55 \times 0 \pm 0,71 \times 0$

fig. 46. Tableau des données des variations dimensionnelles en % par rapport à la dimension initiale.

De manière générale, nous n'avons pas remarqué de différence significative entre les dimensions avant et celles après. La marge d'erreur est importante, ce que suggèrent les écarts-type trop élevés. Pourtant, nous avons constaté une variation de l'épaisseur de l'éprouvette. À la différence des textiles considérés comme bi-dimensionnels où l'on néglige l'épaisseur, l'aspect tridimensionnel des feutres devrait être pris en compte pour une mesure pertinente des variations dimensionnelles des éprouvettes.

2.2.6 Détermination de la résistance à la rupture par traction

Cette manipulation permet de mesurer la force nécessaire à la rupture des éprouvettes et l'allongement subi par le matériau lors de la traction.

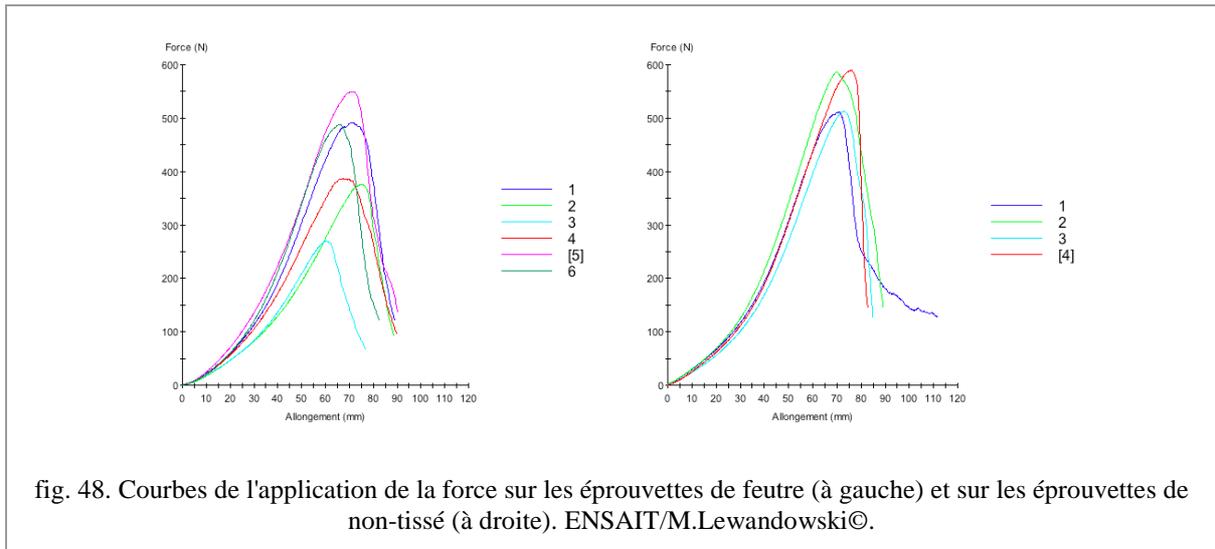
Protocole expérimental : nous avons adapté la norme NF EN 29073-3. La manipulation se fait à partir d'éprouvettes préalablement conditionnées à 60% d'humidité relative et 20° Celsius et placées entre les mâchoires du banc de traction. Le banc de traction, muni d'un détecteur relié à un ordinateur, est préparé pour que les mâchoires s'écartent à une vitesse de 100 millimètres par minute. La force est appliquée et la manipulation se termine lorsque l'éprouvette se rompt (fig. 47).



fig. 47. Vue du dispositif. ENSAIT/J.Chaupin©.

Les essais ont été faits à partir de six éprouvettes de 5 centimètres sur 15 centimètres de chaque série. L'expérimentation a été menée dans une pièce conditionnée à 60 % d'humidité relative et 20° Celsius.

Résultats : les résultats sont exprimés par des courbes représentant la force à la rupture en fonction de l'allongement de l'éprouvette (fig. 48). Nous observons une élévation avec une forte pente qui correspond à l'augmentation de la force exercée sur les deux extrémités de l'éprouvette, en fonction de son allongement, qui est la conséquence de la force appliquée. La courbe atteint un point maximum lorsque la résistance à la traction de l'éprouvette est à son minimum. Cela correspond à la rupture de l'échantillon.



	Feutre	Non-tissé
Allongement à la rupture (mm)	73,4 ± 5,6	76,5 ± 2,1
Force à la rupture (N)	386,6 ± 91,9	499 ± 40,1

fig. 49. Tableau des données de l'allongement et de la force à la rupture pour le feutre et le non-tissé.

La force à la rupture moyenne pour le feutre est de 386,6 Newton et pour le non-tissé de 499 Newton. On remarque une dispersion importante des résultats (fig. 49). La force à la rupture est plus élevée pour les éprouvettes de non-tissé¹.

Il est probable que l'organisation des fibres dans les éprouvettes joue un rôle sur la force à la rupture. En effet, dans le feutre où les fibres sont parallèles, il semble logique que la résistance à la traction soit moindre car les fibres vont glisser les unes sur les autres plus facilement. Le non-tissé, avec des fibres perpendiculaires les unes aux autres, apparaît plus résistant à la traction comme le démontrent les résultats obtenus lors de l'expérimentation.

L'allongement du non-tissé (76,5 mm) est ici légèrement supérieur à celui du feutre (73,4 mm) alors qu'on s'attendait à ce que l'allongement du feutre soit supérieur à celui du non-tissé, en fonction de la disposition des fibres, orientées dans le sens de la traction. Cependant, compte tenu des incertitudes expérimentales, il est difficile de prendre en considération la différence observée.

¹ Les données des tests de rupture à la traction se trouvent en annexe p.127.

2.2.7 Résultats et discussion de la partie expérimentale

Ces premières expérimentations nous montrent que les approches expérimentales appliquées usuellement à l'étude des matériaux poreux peuvent être utilisées pour étudier la structure des matériaux fibreux comme le feutre et le non-tissé.

Compte tenu de la porosité élevée et du peu de contact entre les fibres, il nous faut cependant rester prudent quant à l'interprétation des résultats. En effet, les expérimentations s'avèrent délicates à mettre en œuvre sans une modification de la microstructure du réseau fibreux.

De même, il faut tenir compte de l'hétérogénéité inhérente aux matériaux textiles en fibres naturelles lors des expérimentations. La grande variabilité observée implique de faire un échantillonnage représentatif statistiquement.

Le feutre et le non-tissé sont des matériaux avec une structure tridimensionnelle. Une meilleure connaissance du réseau fibreux et de sa structure pourrait être apportée grâce aux techniques d'imagerie comme la microtomographie par rayons X¹.

2.3 Conclusion générale

Le feutre et le non-tissé sont des matériaux différents fabriqués à partir de la même matière première. Les techniques de fabrication conduisent à des structures différentes mise en évidence en premier lieu par des appréciations de l'aspect visuel de la surface ou par le toucher. Les expérimentations menées au cours de cette étude démontrent que le réseau fibreux, même au niveau microscopique, diffère selon le matériau.

Lors de cette étude technico-scientifique, nous n'avons pas cherché à comparer le feutre et le non-tissé, mais à évaluer leurs propriétés dans l'optique d'une meilleure compréhension et de la connaissance de leurs comportements respectifs.

Les expérimentations menées sur la porosité des matériaux mériteraient être approfondies. Pour cela, un échantillonnage beaucoup plus important devrait être fait. Ces recherches futures permettraient de comprendre le comportement des deux matériaux et de transposer ces connaissances au milieu muséal.

¹ La microtomographie par rayon X est une méthode non destructive pour la numérisation et la modélisation d'objets en 3D. Elle permet la visualisation de la structure interne des matériaux avec une très grande précision.

3 Description technique, constat d'état, diagnostic et proposition de traitement

Dans cette partie, nous décrirons précisément le tapis et ses matériaux constitutifs. Ensuite, nous détaillerons dans le constat d'état, les altérations et dégradations subies par l'objet. Après avoir expliqué les causes probables de ces dégradations, nous exposerons quels traitements nous préconisons pour ce tapis.

3.1 Description

L'objet de cette étude est un tapis formé de deux nappes de feutre (fig. 50) dont la face est ornée de motifs colorés et le revers est monochrome. Tous les feutres du tapis ont été confectionnés selon la méthode de feutrage traditionnel décrite dans les chapitres précédents. La laine utilisée n'a pas été lavée, on trouve y de nombreux débris végétaux et des déjections animales.



fig. 50. Vue en coupe des deux nappes de feutre. INP/G.Vanneste©.

3.1.1 La face

Sur la face du « *syrmak* », il y a deux types de décors : un décor de feutre, appelé feutre-mosaïque, qui constitue le champ central du tapis et un décor d'appliqués de tissu de sergé de coton rouge, qui orne les bordures.

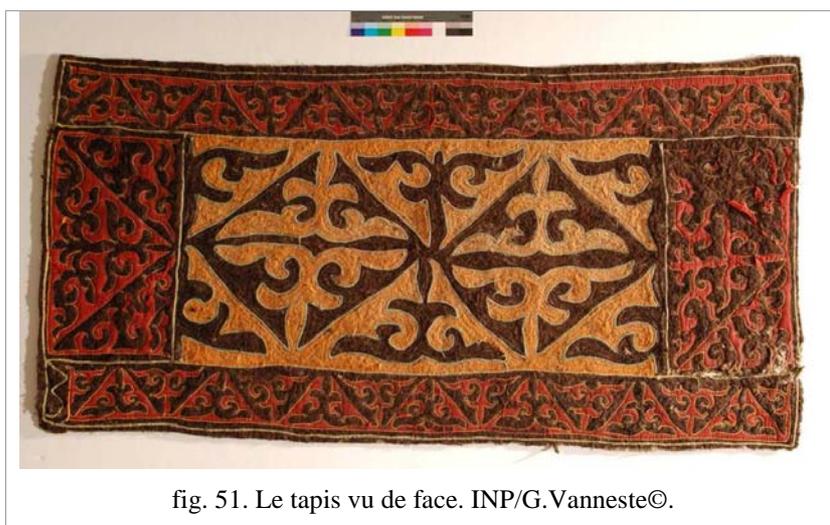


fig. 51. Le tapis vu de face. INP/G.Vanneste©.

3.1.1.1 *Le feutre-mosaïque dans le champ central*

Le champ central se compose d'un motif en « positif-négatif » de feutres de couleurs orange et marron (fig. 51). Les motifs s'emboîtent parfaitement les uns dans les autres. Des motifs identiques ont été découpés dans les deux nappes de feutre, puis les pleins de l'un ont rempli les vides de l'autre et vice-versa. Une fois mis en place, les deux morceaux de feutre sont cousus bord à bord. Le feutre-mosaïque est cousu aux morceaux de feutre marron des bordures. La nappe colorée ainsi formée est posée sur la nappe de feutre clair qui constitue le revers du tapis. Les raccords entre les morceaux sont ensuite cachés par la couture de cordelettes sur l'intersection. Les points de couture maintenant les cordelettes traversent toutes les épaisseurs du tapis.

Le feutre orange du feutre-mosaïque

Le feutre orange (fig. 52) est composé de laine mixte¹. Il s'agit de laine teinte en toison. Le feutre est dense et peu duveteux. Il y a peu de mèches entières car la séparation des fibres est presque totale (battage et teinture).



fig. 52. Feutre orange du champ central. INP/G.Vanneste.©.

Le feutre marron du feutre-mosaïque et du support des appliqués

Le feutre est de couleur marron (fig. 52). La laine qui le compose est celle de toisons mixtes. Cependant, les fibres sont en majorité fines. Son aspect est duveteux et moelleux. C'est un feutre dense, où l'on remarque peu de mèches entières (battage important).

¹ La laine mixte est une laine où l'on trouve des fibres fines et des fibres grossières. C'est une laine hétérogène.

3.1.1.2 Les piquères

Le champ central est piqué de coutures couchées (fig. 53). On peut rapprocher le rendu de ces piquères à celui d'un « quiltage ». Les coutures suivent les contours des motifs selon un décor de plus en plus petit (fig. 52). Les points passent au travers des deux nappes de feutre pour qu'elles soient fermement attachées l'une à l'autre et laissent apparaître un décor de lignes sur le revers. Un fil est posé sur la



fig. 53. Couchure sur le feutre orange.
INP/G.Vanneste©.

surface du feutre puis plaqué et cousu avec un autre fil au travers des épaisseurs. Sur le feutre orange, le fil de couchure est blanc et le fil de couture est brun alors que sur le feutre marron, le fil de couchure est noir et le fil de couture est le même fil brun que celui utilisé sur le feutre orange¹.

3.1.1.3 Les appliqués

Les appliqués (fig. 54) sont formés d'un sergé de tissu de coton teint en rouge². Les motifs, tout comme ceux du feutre-mosaïque, forment un « positif-négatif » avec le fond marron du feutre support. Les bordures latérales se répondent deux par deux, face à face.

Les appliqués des longues bordures sont en deux parties. Deux bandes de sergé de coton ont été rassemblées pour former la longueur adéquate et les motifs y ont ensuite été découpés. Les motifs sont symétriques avec de légères différences. Les appliqués de la bordure du bas n'occupent pas toute sa longueur. Pourtant aucun rapport de motif ne manque par rapport à son vis-à-vis du haut.



fig. 54. Détail de l'appliqué de sergé rouge. INP/G.Vanneste©.

Cette différence de taille est due au fait que les bandes de motifs, après la découpe, étant souples, ils s'allongent plus ou moins. Ainsi, une des couturières a travaillé en prenant soin de respecter les motifs alors que la personne qui a travaillé en face (qui peut très bien être la même) a pris soin de remplir d'un bout à l'autre le cadre imparti aux motifs.

¹ Voir l'analyse technique des fils de couture en annexe p.128.

² L'analyse technique complète du tissu des appliqués se trouve en annexe p.129.

Une cordelette jaune souligne les contours des appliqués de tissu en formant des boucles en des points précis. Elle permet également de maintenir le tissu au tapis. En effet, une seule couture tient la cordelette et l'appliqué. Il s'agit d'une couture traversant l'ensemble des épaisseurs.

Nous avons découvert lors de l'étude du tapis, que la plus grande partie du pourtour du tissu de sergé rouge des motifs, particulièrement sur les coins et les zones étroites, a été badigeonnée d'une substance à base d'amidon¹. Il s'agit probablement d'un encollage des bords pour éviter qu'ils ne s'effilochent lors des manipulations du tissu pendant la couture. Le tissu est collé au feutre, avant la couture de la cordelette jaune. Cet encollage n'est décrit par aucune de nos sources littéraires. Mais Anna Portisch nous a confirmé l'utilisation par les Kazakhs, d'une pâte faite de farine et d'eau pour maintenir le tissu en place sur le feutre afin qu'il ne bouge pas pendant la couture².

3.1.1.4 Les cordelettes

Les cordelettes sont toutes composées de laine teinte en vert ou en jaune (fig. 55)³.

Les cordelettes simples du contour des appliqués de sergé sont composées d'un fil retord jaune. Les cordelettes doubles sont formées de deux fils retord maintenus ensemble par le fil qui les coud au tapis par une couture traversante (fig. 55). La cordelette qui souligne les motifs du champ central est composée de fils vert. Celle qui forme le cadre du tapis est formée d'un fil vert retordu avec un fil jaune. L'aiguille vient du bas, le revers, au travers les deux épaisseurs de feutre, elle est ensuite piquée au travers de l'une des cordes, puis est tirée hors des épaisseurs. Ensuite l'aiguille est piquée au travers de l'autre corde et traverse de nouveau toutes les épaisseurs. Ces points sont espacés d'environ un centimètre.



fig. 55. Détails des cordelettes et du fil de couture.
INP/G.Vanneste©.

¹ Un prélèvement a été analysé avec du Lugol®. Le précipité noir a caractérisé la présence d'amidon.

² Email du 16 mai 2010. Cette pratique est encore utilisée aujourd'hui. Le mélange d'eau et de farine est mis à bouillir une demi-heure environ avant son utilisation.

³ L'analyse technique complète des cordelettes se trouve en annexe p.128.

3.1.2 Le revers

Le revers (fig. 56) est un assemblage de 26 morceaux de feutres de couleur claire.



fig. 56. Revers du tapis. INP/G.Vanneste©.

La nappe de feutre est confectionnée par couture de morceaux de feutre (schéma fig. 80 page 84). Les morceaux sont souvent de formes géométriques, rectangles ou triangles. Ils ne proviennent manifestement pas de la même nappe de feutre car ils ont des couleurs et des textures différentes. Les morceaux ont les bords bien nets, ils ont donc été découpés et cousus bord à bord. Il y a deux méthodes de coutures des morceaux de feutre. La première méthode consiste en un point de surjet¹, la seconde est un point d'arête².

La laine de ces feutres provient de toisons mixtes. C'est une laine grossière. Il y a peu, voire pas de fibres de laine fine. Le feutre est dense, raide. On trouve beaucoup de mèches entières. La laine n'a pas été lavée et le battage n'a pas permis d'ouvrir totalement les toisons de moutons. Le feutre est irrégulier et hétérogène.

¹ L'explication de ce point de couture est donnée dans le glossaire, p.141.

² L'explication de ce point de couture est donnée dans le glossaire, p.141.

3.1.3 L'analyse des fibres prélevées

Le musée du quai Branly a autorisé, dans le cadre de ce mémoire, des prélèvements de fibres sur l'objet. Les analyses ont été faites au LRMH sous la direction de madame Dominique de Reyer.

3.1.3.1 L'identification de la nature des fibres

Le feutre des tapis « *syrmak* » est composé essentiellement de laine de mouton. Les sources écrites indiquent que seuls les fils de couture ne sont pas en laine de mouton mais en poils de chameau. Le but de ces analyses est de différencier, dans la mesure du possible, les deux types de poils animal et de caractériser le type de laine. L'analyse des fibres prélevées est conduite avec l'idée d'une meilleure connaissance du matériau feutre et de sa composition.

Les fibres utilisées pour la fabrication du tapis sont de couleurs et de diamètres extrêmement variées. Vingt-sept prélèvements sont faits en prenant compte des variétés de couleurs et d'aspect des fibres des feutres, des cordelettes et des fils de coutures de la face et du revers du tapis.

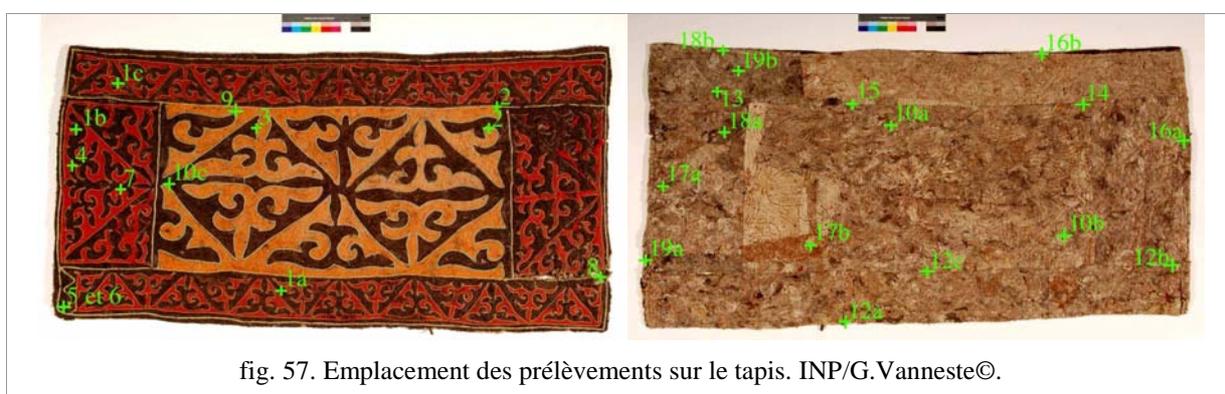


fig. 57. Emplacement des prélèvements sur le tapis. INP/G.Vanneste©.

Chaque prélèvement, placé sur un support de couleur contrasté, est observé sous la loupe binoculaire, puis photographié.

Dix prélèvements jugés significatifs par leur couleur et leur zone de provenance nous permettent de faire des mesures de diamètres. Une trentaine de fibres de chaque échantillon, en fragment de quelques millimètres, est placée entre lame et lamelles avec une goutte de solution de

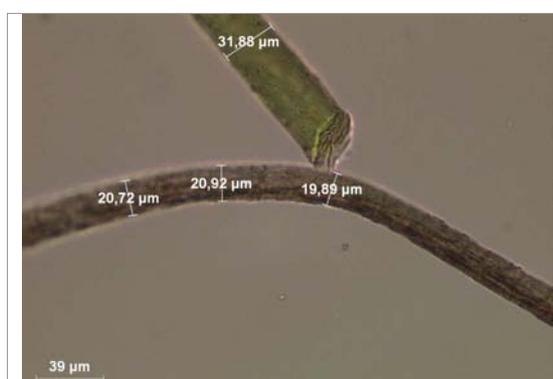


fig. 58. Vue longitudinale du prélèvement 1a LRMH/J.Chaupin©.

glycérine et d'éthanol. Les préparations sont observées sous microscope optique en lumière transmise à grossissement x 200, x 400 et x 500. Des calculs de diamètres de fibres permettent d'élaborer des diagrammes de mesures (fig. 58).

D'une manière générale, les mesures de diamètre montrent une distribution étendue des valeurs. La moyenne n'est pas significative. Les fibres prélevées sont le reflet d'une toison mixte où les diamètres des poils sont extrêmement variés.

Les fibres des feutres et des cordelettes sont des fibres animales, vraisemblablement de la laine de mouton. Les fibres d'un des fils de couture présentent de forte similitude avec les fibres de camélidés. Cela corrobore les dires de nos sources écrites (p.18 et p.27). Les fibres du tissu des appliqués rouges et du fil de couture noir sont des fibres de coton.

3.1.3.2 *L'identification des colorants*

Cinq prélèvements¹ parmi les fibres colorées sont analysés par chromatographie en phase liquide à haute performance, couplée à la spectrométrie UV-Vis (CLH-DBD) par Witold Nowik au Laboratoire des Monuments historiques².

Tous les colorants détectés semblent d'origine synthétique. Leur identification n'est pas précise et dans la plupart des cas seule leur appartenance à une famille chimique a pu être déterminée. Ces colorants sont certainement postérieurs à la moitié du XIX^e siècle.

¹ Prélèvements numéros 2, 3, 4, 7 et 8.

² Le rapport d'analyse se trouve en annexe p.130.

3.2 Constat d'état

3.2.1 État général

Le tapis est dans un mauvais état de conservation général. Il est empoussiéré et encrassé. Les altérations les plus importantes sont le fait d'une infestation d'insectes discernable sur l'ensemble du tapis. L'infestation se caractérise par des lacunes dans les feutres car les fibres de laine ont été attaquées par les insectes. Un coin du tapis présente un problème structurel (fig. 59) car l'infestation a entraîné une grande fragilité de cette zone.



fig. 59. Le coin inférieur droit pose un problème important pour la structure. INP/G.Vanneste©.

Les altérations et dégradations présentes sur l'objet sont classées ci-dessous selon le type d'altération.

3.2.2 Face

3.2.2.1 Empoussièrément et décoloration des matériaux

La face du tapis est empoussiérée. Les particules se sont déposées dans les creux, les intersections de matériaux et dans la masse des fibres enchevêtrées. On observe de nombreuses exuvies d'insectes dans les galeries creusées par ces derniers (fig. 60). Les exuvies se présentent comme des cocons blancs sur lesquels s'accrochent les déjections rondes et sombres des insectes. Les observations menées pendant le dépoussiérage permettent de dire que les cocons sont majoritairement cachés à l'œil dans la masse du feutre, sous le tissu des appliqués ou sous les cordelettes. Les insectes ont tenté de se soustraire à la lumière ainsi qu'à d'éventuels prédateurs. Pourtant les exuvies sont plus nombreuses sur les bords du tapis. Il est probable que les insectes ont choisi les lieux de ponte



fig. 60. Exuvie d'insecte. INP/G.Vanneste©.

selon leur accessibilité. Nous avons remarqué que les insectes ont majoritairement creusé leurs galeries à proximité de débris végétaux, des excréments et des coutures.

Il est malaisé d'évaluer le taux d'empoussièrément d'un feutre où le réseau fibreux rend la pénétration des particules, importante. Des particules fines, grains de sable, débris végétaux et déjection de mites, ont été continuellement récoltées sur le plateau de support du tapis.

La décoloration est très irrégulière et il est difficile de la quantifier car elle ne se présente ni par zones précises, ni par matériaux (fig. 61). Les fibres du fil de couchure du feutre orange sont très décolorées : elles sont aujourd'hui blanches alors qu'en certains endroits, elles apparaissent d'une couleur jaune vif. Les fibres de la laine du feutre orange sont, par endroits, blanches. La zone de la fibre en surface est blanche alors que, l'extrémité prise dans la masse du feutre est



fig. 61. Décoloration de la cordelette jaune des appliqués. INP/J.Chaupin©.

orange. Certaines fibres sont coupées et l'extrémité est blanche. Cela forme des zones plus claires dans les motifs. Les cordelettes, jaunes ou vertes, sont décolorées sur le dessus. En effet, l'intérieur et le revers des cordelettes conservent encore des couleurs vives. Enfin les fibres de laine du feutre marron sont faiblement décolorées. Néanmoins il est difficile de l'affirmer car, s'agissant d'une laine naturellement colorée, elle est composée d'un nombre infini de couleur variant du roux clair au noir profond.

3.2.2.2 Taches

Les taches sont très visibles sur le sergé de coton rouge des appliqués, mais elles sont également présentes sur le feutre et les cordelettes. Il est intéressant de noter la différence de rendu des taches sur le sergé de coton et sur le feutre : elles sont peu ou pas visibles sur le réseau fibreux des feutres. Il y a quatre types de taches.

Des taches noires, brillantes et rigides. Elles se trouvent à la surface des fibres. Elles sont bien délimitées et pulvérulentes à la pression. Ce sont des taches qui accrochent la poussière (fig. 62 et fig. 63).



fig. 62. Vue d'une tache noire dure. INP/G.Vanneste©

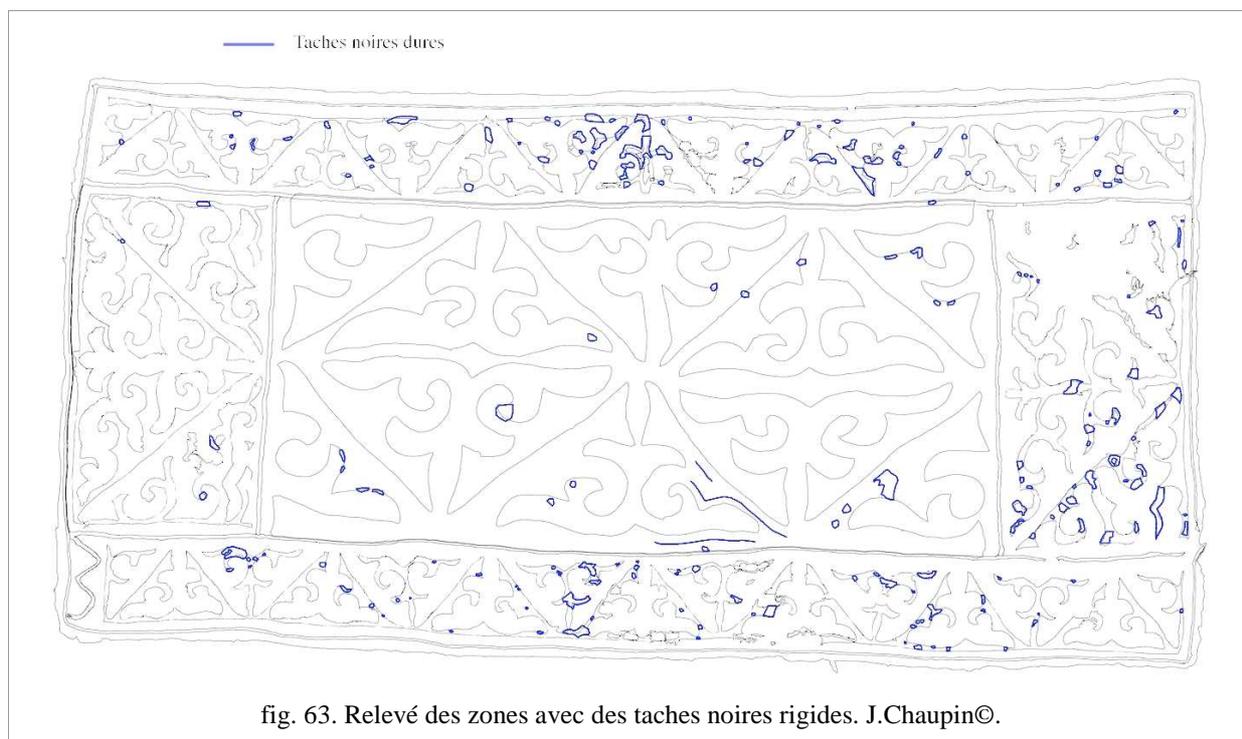
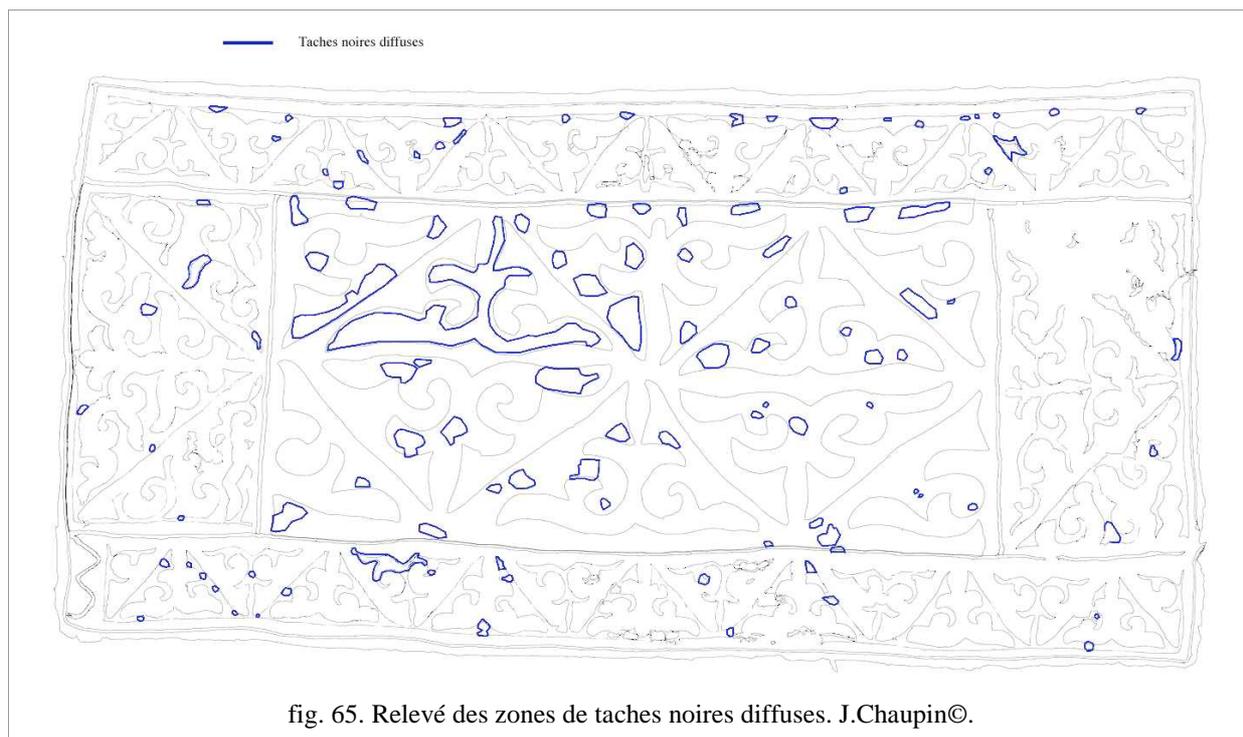


fig. 63. Relevé des zones avec des taches noires rigides. J.Chaupin©.

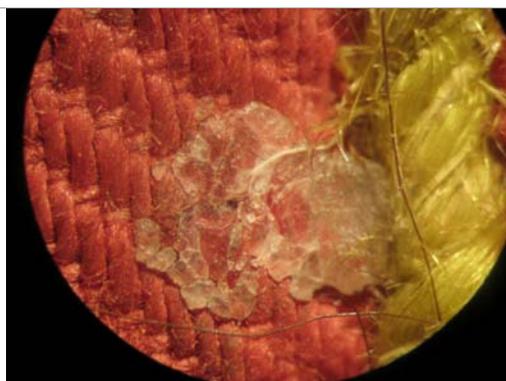
Des taches noires diffuses, poisseuses au toucher. Elles sont moins rigides que les premières et ont un aspect mat. Pourtant, elles présentent une pulvérulence à la pression (fig. 64 et fig. 65).



fig. 64. Tache noire diffuse. INP/G.Vanneste©.



Quelques taches transparentes. Elles tirent sur le blanc laiteux. Ces taches sont craquelées et dures. Elles ont la forme d'une goutte (fig. 66).



Quelques tâches jaunâtres. Elles sont pulvérulentes à la pression (fig. 67).



3.2.2.3 Coutures décousues, lacunaires

Soit elles se sont ouvertes et le fil est encore présent ; soit le fil est cassé, voire lacunaire (fig. 68). Certaines coutures d'assemblage du champ central ont perdu leur fonction de maintien car les mites ont attaqué une seule nappe de feutre, la détachant de la couture. Les fils ont rarement été attaqués et ils maintiennent encore l'autre nappe de feutre.



fig. 68. Couture entre les motifs du champ central décousue. INP/J.Chaupin©.

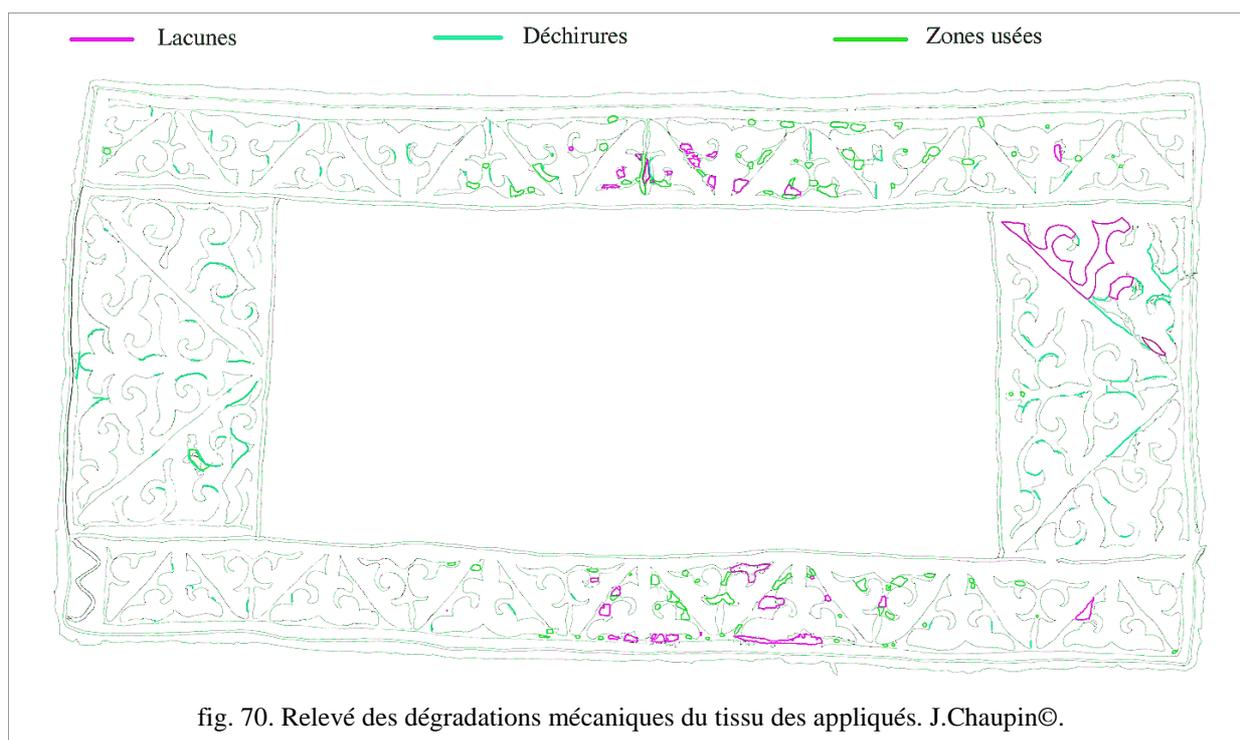
3.2.2.4 Usures et déchirures du sergé des appliqués

Avant de présenter les altérations du sergé rouge des appliqués que sont les usures et les déchirures du tissu, nous décrirons brièvement celles que nous constatons sur les feutres et les cordelettes. Les usures et déchirures du feutre sont peu ou pas du tout visibles. En effet, le réseau fibreux étant aléatoire et sans structure, il est difficile de juger du degré d'altération de l'organisation des fibres de laine. Cependant les poils ressortent plus ou moins de la structure, ce qui peut nous aider à déterminer un degré d'usure des feutres. Les cordelettes sont usées sur les bords. Les fibres y sont en partie brisées. Les zones où le sergé est usé sont également les zones où les poils de laine ressortent fortement.

De nombreuses zones correspondant à la partie bombée du centre des appliqués sont usées (en vert clair, fig. 70). Nous entendons par usure, les parties du textile où la chaîne ou la trame sont encore présentes et maintiennent le textile en forme. Les déchirures (en vert foncé, fig. 70) du sergé de coton rouge des appliqués sont nombreuses. Les déchirures sont des endroits où le tissu a été tiré, arraché en laissant de nombreux fils libres et effilochés. Le plus souvent, le tissu s'est déchiré sous la cordelette, au niveau de la couture (fig. 69).



fig. 69. Usure et déchirure dans le sergé. INP/G.Vanneste©.



3.2.2.5 Lacunes dans les feutres

Les feutres de la face sont lacunaires, et les grandes lacunes se concentrent dans le coin inférieur droit. Elles posent là un problème lié à la structure du tapis et donc à sa résistance. De même, toute la surface est parsemée de petites lacunes du feutre. Il y a trois catégories de lacunes (zone où le matériau constitutif est manquant) et elles sont toutes imputables à l'infestation¹ :

Les lacunes de surface du feutre se caractérisent par de petites galeries et de petits manques de matière parfois invisibles dans la masse du feutre. Elles sont le fait de l'infestation d'insectes qui ont creusé dans l'épaisseur du feutre pour se protéger de prédateurs et de la lumière. Ces lacunes sont concentrées sur les bordures du tapis, au niveau des appliqués rouges. Il n'a pas été possible de donner un relevé précis des dégradations de surface du feutre marron car elles se confondent avec le relevé de la surface du tapis (fig. 71).



fig. 71. Lacunes de surface du feutre marron INP/G.Vanneste©.

¹ Cette affirmation est normalement faite lors du diagnostic, mais elle est essentielle à la compréhension du constat d'état.

Les lacunes traversantes de la nappe de feutre marron

(en vert, fig. 73) laissent apparaître le feutre du revers. Elles ont la forme d'une galerie ou d'un rond comme sur la fig. 72. Les lacunes en forme de galeries se trouvent principalement en bordures de motif, ou sous les appliqués.



fig. 72. Lacune du feutre marron où l'on voit la nappe du revers. INP/G.Vanneste©.

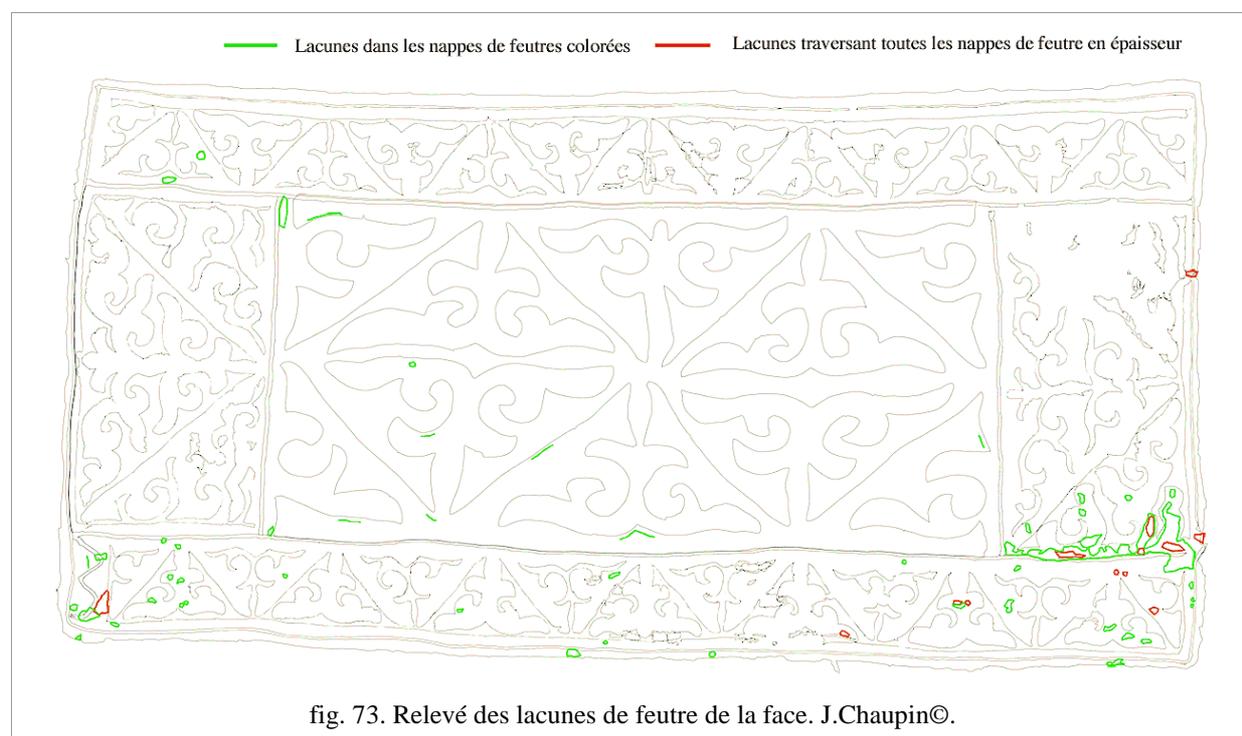


fig. 73. Relevé des lacunes de feutre de la face. J.Chaupin©.

Les lacunes traversantes du tapis montrent des trous (en rouge, fig. 73). Les trous sont des lacunes au travers de l'épaisseur du tapis. Ces lacunes sont liées aux lacunes précédentes. Elles se situent souvent dans les zones de coutures qui ne remplissent plus leur rôle de maintien. On ne peut pas leur attribuer une forme définie (fig. 74). La zone la plus caractéristique est celle du coin inférieur droit (voir fig. 59 page 75).

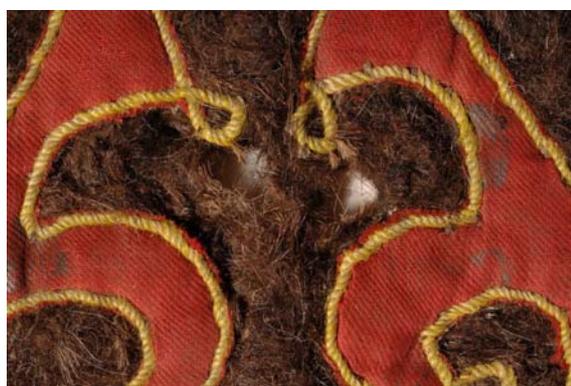


fig. 74. Lacune traversante où l'on voit le blanc du plateau de support. INP/G.Vanneste©.

3.2.2.6 *Lacunes du tissu des appliqués et des cordelettes*

Certaines zones du sergé de coton rouge sont lacunaires. Il s'agit du dernier degré d'altération des parties usées et des déchirées. Il ne reste souvent que la cordelette jaune signalant l'emplacement de l'appliqué (voir fig. 70 page 80, en mauve et fig. 75).



fig. 75. Zone où le sergé est lacunaire. INP/G.Vanneste©.

Les lacunes des cordelettes se concentrent essentiellement en leurs extrémités. Cependant, dans le champ central, certaines parties sont manquantes dans le corps de la cordelette (fig. 76).



fig. 76. Cordelette verte lacunaire du champ central
INP/G.Vanneste©.

3.2.3 Revers

3.2.3.1 *Empoussièrément*

Le revers semble moins empoussiéré que la face du tapis, mais ceci est peut-être dû à la couleur des feutres. Très composite, elle rend difficile l'observation visuelle des particules de poussière ou d'exuvies d'insectes. De plus, la structure des feutres en surface y est plus compacte, moins ouverte que sur la face. Ceci est le fait d'un degré de feutrage différent avec des fibres de laine différentes. La surface des feutres du revers est également moins attaquée par les insectes que le feutre marron de la face, la laissant, excepté dans de petites zones très localisées, intactes.

On retrouve de nombreuses déjections d'animaux herbivores et de débris végétaux dans l'épaisseur du feutre ou affleurant à la surface, le feutre du revers ayant probablement été confectionné à partir de toisons non lavées.

3.2.3.2 *Taches*

Elles sont peu nombreuses sur le revers. La photographie (fig. 77) montre une tache incrustée dans le feutre. Elle se trouve sur la bordure du tapis, une zone aussi exposée que la face lors de l'utilisation. Cette tache fait pendant à une tache de la face.



fig. 77. Tache rigide sur le feutre du revers
INP/J. Chaupin©.

3.2.3.3 *Coutures décousues et lacunaires*

Il y a quelques coutures d'assemblage des morceaux de feutres décousues et lacunaires. Certains fils de couture sont coupés. Les fibres de ces fils ont été attaquées par les insectes.

3.2.3.4 Lacunes

La nappe de morceaux de feutre du revers est peu dégradée car la majorité des lacunes sont des lacunes de surface. En effet, comme pour la face, il y a trois catégories de lacunes dues à l'infestation. Une lacune traversante est visible fig. 74 page 81.



fig. 78. Lacune du feutre du revers, on voit le feutre orange de la face. INP/G.Vanneste©.



fig. 79 Lacune de surface d'un feutre du revers. INP/J. Chaupin©.



fig. 80. Relevé des lacunes de feutre du revers et des différents morceaux de feutre constituant la nappe. J.Chaupin©.

3.3 Diagnostic et pronostic

Le diagnostic permet d'exposer les causes des altérations et des dégradations¹ décrites lors du constat d'état. Les risques liés à ces altérations, si aucun traitement de conservation-restauration n'est mis en œuvre, sont énoncées lors du pronostic. Les causes et les conséquences des altérations sont classées selon leur apparition dans le temps sur le tapis : de la confection de l'objet à sa conservation dans les collections du musée de l'Homme en passant par son utilisation par des nomades kazakhs.

3.3.1 Les altérations et dégradations dues à la mise en œuvre du tapis

On trouve de nombreux débris végétaux et des excréments ovins dans la masse des feutres. Ceci s'explique par le fait que la laine n'a pas été lavée avant son utilisation. Elle a été battue pour la débarrasser des impuretés, cependant, il en reste beaucoup. Les débris végétaux sont des particules aux bords acérés qui entraînent l'abrasion de surface des fibres². Les excréments des moutons sont généralement alcalins. Or la laine, avec un pH de 4,9³, ne supporte pas bien les milieux alcalins. La présence des excréments de moutons est donc un risque de dégradation pour les fibres.

Néanmoins, ces débris végétaux et excréments font partie intégrante de l'objet. Afin de circonscrire les risques liés à leur présence irrévocable, il faut limiter les manipulations de l'objet et le maintenir dans des conditions climatiques stables.

3.3.2 Les altérations et dégradations dues à l'usage du tapis

Lorsque madame Hamayon a acheté le tapis, celui-ci était taché et les appliqués rouges étaient usés et déchirés. On peut en déduire que, probablement, ces altérations sont le fait de l'utilisation du tapis par les kazakhs.

¹ La profession de conservation-restauration n'a pas, à ce jour, résolu le problème de terminologie concernant ces deux mots. Aussi nous les utiliserons indifféremment pour désigner un dommage des matériaux de l'œuvre.

² TIMÀR-BALÀZSY, A., EASTOP, D.. *Chemical principles of textile conservation*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1997, p.158. Ce livre est une somme exhaustive des altérations susceptibles de se trouver sur les textiles anciens.

³ TIMÀR-BALÀZSY, EASTOP, 1997, p.51.

3.3.2.1 *La poussière*

Le tapis est empoussiéré. Il est probable qu'une partie de la poussière provient de l'utilisation du tapis en tant qu'objet usuel. Cette poussière d'usage se compose vraisemblablement de terre, de débris végétaux, de particules humaines (ongles, retrouvés lors du dépoussiérage) ou restes de repas. Ces particules étrangères contribuent à l'abrasion des fibres car elles s'accumulent sous les coutures et les cordelettes. La poussière est alors fortement enserrée entre deux surfaces et, lors de manipulations, de mouvements, elle augmente les forces de frottement subies par les fibres.

Un dépoussiérage doit être fait, en insistant dans les endroits où la poussière s'est accumulée, afin de limiter les risques d'abrasion des fibres.

3.3.2.2 *Les usures, les déchirures et les lacunes du sergé de coton rouge des appliqués*

Les appliqués de tissu ont été cousus sur le feutre qui est un matériau souple, gonflant et élastique. Les couturières ont plaqué le tissu sur le feutre. Cependant, ce dernier reprend son gonflant très rapidement. Le tissu des appliqués est donc sous tension, déjà, dans la mise en œuvre. C'est ainsi que l'on peut comprendre les usures du tissu. Ces dernières se trouvent exactement au centre des pièces, là où le feutre forme une bosse qui pousse le tissu des appliqués vers le haut. Ainsi, cette surface est la première à subir l'abrasion (usure) quand le tapis est utilisé comme table ou comme siège.

La même explication est valable pour les déchirures. Le sergé de coton s'est déchiré au niveau de la couture de la cordelette. C'est la tension du tissu qui est responsable de ces altérations. La pression exercée sur le centre des pièces des appliqués, proéminentes, quand une personne s'assoit ou quand un plat est posé sur le tapis, tire sur les bords des pièces et crée ainsi les déchirures.

Les lacunes du sergé sont le stade ultime d'altération des usures et des déchirures. Les zones usées, déchirées ou lacunaires des appliqués rouges doivent être consolidées pour arrêter les dégradations du tissu et rendre une certaine lisibilité au motif.

3.3.2.3 *L'usure des feutres et des cordelettes*

L'usure des feutres est visible dans les zones proches de celles où les appliqués sont usés, sur la face. En effet, les zones centrales des bordures latérales des grands côtés ont été soumises à une abrasion plus importante que d'autres. Peut-être est-ce parce qu'elles étaient

placées sur le trajet du passage des personnes. L'usure des feutres se traduit par le soulèvement de poils et parfois de mèches entières de fibres ce qui peut être préjudiciable à la bonne conservation du tapis. Après un examen minutieux, il sera jugé nécessaire de rentrer certaines mèches dans la masse afin qu'elles ne soient pas accrochées et détachées du tapis.

L'usage du tapis a altéré les cordelettes en les usant particulièrement sur les bords, plus sujet à la friction avec les particules s'accumulant sous les fils¹. De nombreuses fibres sont brisées sur tous les bords des cordelettes. Cependant, les cordelettes, de par leur torsion, n'ont pas perdu leur fonction de fixer et de renforcer la structure du tapis.

3.3.2.4 *La décoloration*

La décoloration se retrouve en de nombreux endroits et sur tous les matériaux, excepté sur le tissu des appliqués. Ce sont donc les fibres de laine qui sont le plus touchées. Il est cependant impossible d'en définir la cause. La lumière et l'abrasion des fibres sont habituellement à l'origine de la décoloration des fibres textiles². La différence de degré dans la décoloration est probablement due au fait que les fibres d'un même matériau sont hétérogènes, qu'elles prennent la teinture de manière différente et qu'elles se décolorent donc inégalement selon la longueur, le diamètre et la nature particulière de la fibre. La décoloration d'un matériau est irréversible et immuable. Elle est le fait de son vieillissement naturel lorsque l'objet est utilisé ou exposé. Il faut remarquer que la décoloration entraîne une fragilisation des fibres pouvant aller jusqu'à leur désagrégation complète.

3.3.2.5 *Les taches*

Les taches transparentes sont, vraisemblablement, de la cire de bougie³. N'ayant que rarement d'électricité dans leurs habitations, il est probable que les bougies servaient d'éclairage aux Kazakhs⁴.

Les taches noires diffuses ou dures ont l'aspect de taches de gras, pour l'essentiel. Il est probable, au vue de l'observation minutieuse des taches, qu'elles sont le fait du contexte ethnographique de l'usage du tapis. En effet, les peuples nomades comme les Kazakhs ont une nourriture composée presque exclusivement d'aliments à forte teneur en protéines. La base de leur alimentation est la viande et les produits laitiers. Il est utile de rappeler que le mets le plus fin, pour les peuples de nomades éleveurs d'Asie centrale, est la « pièce » de

¹ TIMÀR-BALÀZSY, EASTOP, 1997, p.158.

² TIMÀR-BALÀZSY, EASTOP, 1997, p.92.

³ Le test au lugol® s'est révélé négatif. Il ne s'agit pas d'amidon.

⁴ Roberte Hamayon, entretien du 7 octobre 2009.

gras, découpé dans la partie grasseuse de la queue des moutons karakul accompagné d'un thé gras, semblable au thé beurré des tibétains. Les Kazakhs mangent assis sur les tapis au centre desquels se trouvent les plats¹.

Des analyses de chaque type de taches ont été faites par le laboratoire de l'INP². Les résultats obtenus montrent que les taches se composent pour l'essentiel de glucose. Il est difficile d'en déterminer la provenance. De plus, il est probable qu'il s'agit d'une superposition de différents composés de diverses provenances.

Les taches sont très visibles sur le tissu des appliqués, contrairement à celles qu'on trouve sur le feutre. Ceci s'explique par la différence de texture et de structure des deux textiles. Les taches du sergé restent en surface, alors qu'elles se dispersent dans la masse des fibres de laine où elles sont pour ainsi dire invisibles. Les taches grasses captent les particules de poussière qui s'incrument dans la masse de la salissure. C'est la raison pour laquelle les taches sont noires.

D'une manière générale, les taches grasses peuvent présenter un risque pour un objet textile dans la mesure où la graisse devient rigide en vieillissant³. La zone est alors une source de tensions qui pourraient altérer le tissu sur le pourtour de la tache. Un examen méticuleux des taches du tapis et, en particulier, du sergé des appliqués, nous permettra de décider dans quelle mesure elles présentent un risque pour l'objet si celui-ci est conservé dans des conditions de conservation adéquates et stables (50 % d'humidité relative et 20°Celsius).

3.3.3 Les altérations et dégradations dues à la conservation du tapis dans les collections françaises

Lors de son séjour dans les réserves du musée de l'Homme, le tapis a subi une infestation. Les mites, insectes kératinophages, ont attaqué les feutres, composé de fibres de laine.

Il existe six espèces différentes de mites appelées communément mites du vêtement. Elles diffèrent par leur aspect et leur taille, mais elles ont le même comportement alimentaire. La plus répandue est l'espèce de la *Tineola bisselliella*. C'est la larve qui est responsable des dégradations des textiles. À peine sortie de l'œuf, la larve est transparente et mesure environ un millimètre. Elle se met tout de suite à la recherche de nourriture et sa petite taille lui

¹ THEVENET, 1999. p.119.

² Le rapport d'analyse se trouve en annexe p.131-132.

³ TIMAR-BALAZSY, EASTOP, 1997, p.158.

permet de se faufiler dans des espaces de moins de 0,1 millimètre de diamètre. Une larve doit trouver de la nourriture dans les deux premiers jours, sinon elle meurt. Les larves ont une activité optimum quand la température est de 24 à 27 degrés Celsius¹.

Il semble que les larves de mites montrent une réelle préférence pour les fibres animales. Une grande partie de la kératine, ingérée par les larves, passe intacte au travers de leur système digestif ; leur intestin contient une sécrétion qui rompt la liaison bisulfure des chaînes polypeptidiques, et ouvre ainsi la voie à l'attaque d'une enzyme spécifique, une protéinase, qui brise entièrement la kératine².

L'attaque de la laine par les larves de mites est très caractéristique. Les larves forment des galeries en ingérant les fibres (fig. 81). Elles s'entourent également d'un « cocon » fait des résidus de leur ingestion. Il leur sert de protection contre l'environnement (les variations climatiques et les prédateurs)⁴. Les bords des galeries sont très nets. La laine, aux fibres plus fines, de la face, a été davantage dégradée que les laines grossières du revers. Il semble que les mites ont préféré les zones déjà fragiles (présence de débris végétaux, d'excrément, coutures, fibres plus fines).



fig. 81. Fibre de laine avec les signes d'une attaque de mite. Institut Rivetti©³.

Le tapis est très fortement altéré par cette infestation. Il y a de nombreux manques de matière dans les feutres. Parfois les galeries sont profondes et en majeure partie invisibles. Néanmoins, ces lacunes sont relativement peu importantes au regard de la masse des feutres du tapis. Les nombreuses coutures permettent également au tapis de conserver une grande part de sa résistance. Quelques zones nécessitent cependant une consolidation pour que le tapis retrouve son unité structurale et qu'il puisse être exposé sans risque. De plus, les exuvies de mites peuvent attirer des insectes carnivores et ainsi être la cause d'une nouvelle infestation. Il est donc nécessaire de retirer, dans la mesure du possible, toutes les traces des mites (cocons, déjections, restes de fibres qui attireraient de nouveau les mites).

¹ GALLICO, 2000, pp.172-174.

² Idem.

³ GALLICO, 2000, p.174.

⁴ GALLICO, 2000, pp.172-174.

3.4 Proposition de traitement

Le « *syrmak* » du musée du quai Branly est un objet fait de la main de l'homme. Lors de sa fabrication, il est destiné à subir des modifications, à se dégrader et, à disparaître. Il correspond à un besoin, une fonction et un goût spécifique d'un lieu et d'une époque. Si l'objet ethnographique « a pour but de faire connaître et comprendre la société, la nature, l'histoire et la culture d'une unité de population définie par une identité linguistique et anthropologique, exprimée dans une communauté de traits matériels et spirituels »¹, le tapis de feutre en est un. Or, depuis quelques décennies, les restaurateurs et les conservateurs de collections ethnographiques se sont penchés sur la spécificité de la restauration des objets ethnographiques. Pour cela, il faut prendre en compte le temps de la rencontre avec la culture et le contexte de l'objet à travers sa matérialité. Les conservateurs, les ethnologues et les anthropologues mènent aujourd'hui des recherches qui permettent d'enrichir la documentation qui n'a pas toujours été rassemblée dans le dessein d'une intervention de conservation-restauration ou de conservation préventive. Dans le cas du tapis kazakh, madame Anna Portisch², nous a beaucoup appris dans l'optique d'une meilleure compréhension des techniques de fabrication et de l'usage des « *syrmak* ». Cette collaboration étroite a permis de répondre à nombre de questions soulevées par l'observation minutieuse du tapis (par exemple pour l'encollage des appliqués rouge sur le feutre avec une pâte ou la détermination de la différence entre les tapis kazakhs et les tapis kirghizes).

En accord avec mesdames Daria Cevoli³ et Stéphanie Elarbi⁴, nous avons décidé de conserver visibles et lisibles les altérations dues à la mise en œuvre et à l'usage du tapis car elles participent pleinement de la nature ethnographique de l'objet. Cet axe d'intervention a nécessité une étude minutieuse et au cas par cas de toutes les altérations et de toutes les dégradations du tapis.

Aussi, comme nous l'avons exposé lors du diagnostic, les taches ont été examinées et analysées méthodiquement par typologie. Nous proposons de ne pas les traiter, car elles sont le témoignage de l'histoire et de l'usage du tapis. Au regard de la déontologie appliquée aux objets ethnographiques et du fait qu'elles présentent, comme nous l'avons démontré lors du

¹ ROLLAND-VILLEMOT, B.. « Les spécificités de la conservation-restauration des collections ethnographiques », La lettre de l'OCIM, n°56, 1998, p.15.

² Anthropologue danoise ayant séjourné une année dans une famille kazakhe de Mongolie dans le dessein d'étudier la transmission du savoir-faire dans le cadre de la confection de « *syrmak* » au début des années 2000

³ Responsable des collections Asie, Musée du quai Branly.

⁴ Responsable de l'atelier de restauration du Musée du quai Branly.

diagnostic (p. 88), peu de risque pour la conservation de l'objet, il est important de les conserver.

3.4.1 Le dépoussiérage

Les débris végétaux et autres particules aux bords acérés (terre, sable) « incrustés » dans le feutre, posent un problème de conservation ; ils sont la cause de l'abrasion des fibres. Ayant l'impossibilité de retirer avec certitude toutes ces particules dans le feutre épais et poreux, nous avons décidé de traiter plus particulièrement par dépoussiérage les lieux d'accumulation (sous les coutures, les cordelettes et dans les galeries) de ces particules, permettant de ce fait de circonscrire le risque d'abrasion des fibres.

Nous préconisons de débarrasser les textiles, et en particulier, les fibres de laine des feutres, des exuvies et déjections de mites. Malgré tout, il n'existe aucune méthode permettant de retirer les particules qui se sont glissées dans l'épaisseur du tapis. Dans un premier temps, le dépoussiérage sera mené avec un micro-aspirateur à embout réduit afin de permettre un meilleur contrôle du traitement de la zone traitée. Le micro-aspirateur est, dans ce cas, le meilleur moyen utilisé pour retirer de la surface du tapis les exuvies de mites ainsi qu'une partie des débris végétaux et des fibres textiles « libres ». Enfin, les cocons de mites seront extraits des galeries et des interstices à l'aide de pinces et, dans la mesure du possible, la galerie sera débarrassée des restes de déjections par l'emploi d'un embout fin permettant d'aspirer à l'intérieur des galeries sans endommager la structure du feutre. On insistera également dans les interstices que forment les coutures, nombreuses, du tapis.

3.4.2 Le traitement du sergé de coton des appliqués

La méthode classique utilisée en restauration textile est la consolidation des lacunes du textile à l'aide d'un tissu de support d'une armure proche et de la teinte de l'original. La lisibilité et la visibilité de l'intervention est assurée par la différence de niveau qui existe entre l'original et le matériau de consolidation. La réversibilité est garantie car la restauration se fait par couture. Dans l'optique de la restauration de l'objet ethnographique, nous souhaitons conserver les traces de l'usage du tapis. Les lacunes du sergé rouge des appliqués ne seront donc pas comblées par réintégration d'un tissu de support rouge. Cependant, pour arrêter la dégradation, ces zones doivent être consolidées. Les fils libres doivent être maintenus par couture pour éviter qu'ils ne soient arrachés lors de futures manipulations, même délicates.

Nous utiliserons, pour ce faire, un tissu de support en crêpeline, très fin, de la couleur brune du feutre servant de fond aux appliqués. Les fils libres et les zones de tissus désolidarisés seront cousus sur ce support de manière à les maintenir sur la surface de l'objet. En effet, tout fil dépassant de la surface est susceptible de s'accrocher et d'être arraché. Les fils effilochés devront être circonscrits par les cordelettes jaunes formant le pourtour du motif géométrique afin d'en préserver la lisibilité.

3.4.3 La consolidation des cordelettes, des assemblages et des mèches

Les coutures des cordelettes et les coutures d'assemblages des morceaux de feutre seront recousues. Lorsqu'elles ne jouent plus leur rôle de maintien, on utilisera un fil de couture en organsin quatre bouts sur la face. Ce fil présente l'avantage d'être solide tout en étant invisible. Sur le revers, nous préconisons de recoudre les coutures d'assemblage avec un fil de coton câblé teint. Les coutures décousues au revers du tapis sont fortement sollicitées et nécessitent une consolidation résistante.

Les extrémités des cordelettes altérées seront consolidées et remises en place par couture au fil d'organsin deux bouts.

Chaque mèche de laine dépassant de la surface des feutres devra être minutieusement examiné, dans le dessein de déterminer si une intervention est nécessaire. Dans ce cas, nous préconisons de les rentrer à l'intérieur du feutre à l'aide d'une aiguille à coudre.

3.4.4 Le traitement des lacunes des feutres

La problématique de la consolidation des lacunes dans les textiles épais offre l'opportunité d'une recherche pour une nouvelle méthode de restauration.

Comme nous l'avons vu précédemment, la méthode de restauration « classique » d'une lacune dans un textile est d'insérer, sur l'arrière de l'objet, une pièce de tissu de même texture et de même couleur, pour servir de support à la couture des bords de la lacune tout en rendant celle-ci moins visible. Cette méthode a fait ses preuves pour les textiles plats (c'est-à-dire quelques millimètres d'épaisseur). Mais elle ne répond pas de manière satisfaisante à la restauration des textiles épais car la différence de niveau entre le tissu de support et l'original devient gênante pour la lisibilité de l'œuvre. En effet, elle crée un creux qui est renforcé par l'ombre portée. Nous nous sommes penchés sur les différentes études publiées concernant la restauration des objets constitués d'un textile épais mais souple. Les objets étudiés et traités

sont essentiellement des vêtements en drap de laine foulé¹. L'idée commune à ces restaurations est le comblement des lacunes du tissu original par un ajout de matière dans l'épaisseur.

La technique de l'incrustation d'une pièce de feutre dans l'épaisseur est utilisée par les modistes. Lorsqu'un chapeau a un trou, une pièce de feutre est insérée dans la lacune et cousue au point d'incrustation ou ajout invisible. Ce point permet de coudre dans l'épaisseur du feutre et de rendre l'intervention invisible².

Au musée de l'Histoire Militaire de Hongrie, Maria Kralovanszky³, restauratrice textile, utilise des pièces de drap foulé qu'elle insère et coud à l'intérieur des lacunes de la tunique infestée par les mites. Comme nous le voyons sur le schéma en haut de la fig. 82, les coutures sont invisibles car elles se trouvent dans l'épaisseur du textile.

La méthode utilisée en Hongrie est totalement réversible et très satisfaisante du point de vue de la lisibilité de l'objet. Elle permet également de redonner une intégrité perdue à la structure de l'objet. L'ajout d'un tissu de support au revers permet de consolider l'ensemble de la zone fragilisée.

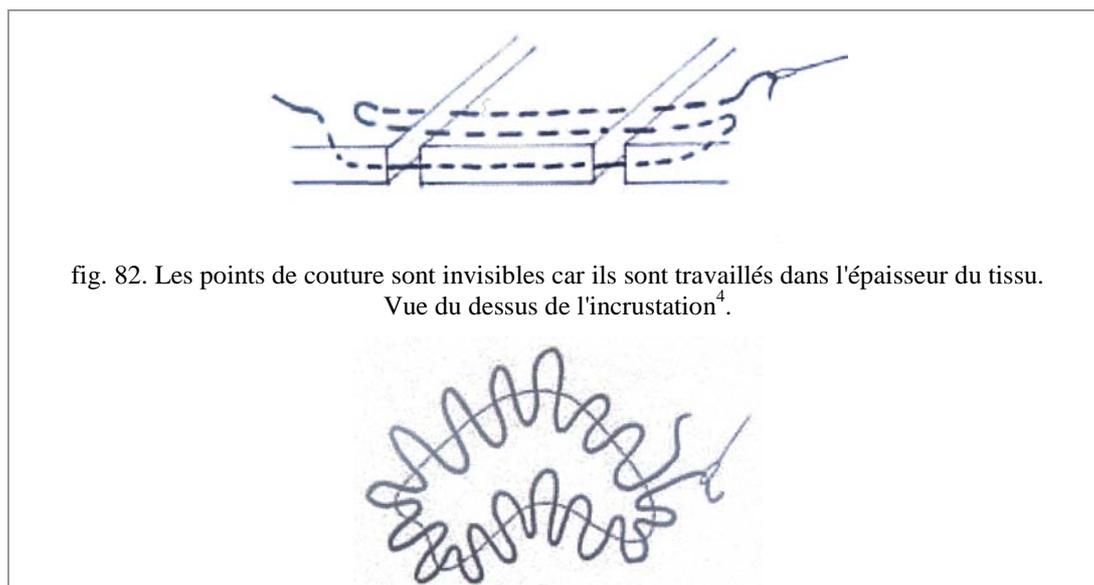


fig. 82. Les points de couture sont invisibles car ils sont travaillés dans l'épaisseur du tissu.
Vue du dessus de l'incrustation⁴.

¹ Le drap de laine foulé est un textile tissé dont l'une ou les deux faces sont grattées et tondues afin d'en faire un tissu à la surface unie et veloutée, dissimulant la structure du tissu. CARDON, D.. *La draperie au Moyen Age. Essor d'une grande industrie européenne*. CNRS éditions, Paris, 1999, pp.9-10.

² Les morceaux de feutre sont posés bords à bords, côte à côte. Un point invisible est fait sur l'arrière, à 3 mm de la lisière. L'aiguille est piquée dans le feutre ajouté, au 2/3 de la longueur. Chaque point est espacé du suivant d'un millimètre environ. Cette technique nous a été transmise par Mme Mouranchon, modiste et intervenante à l'INP pour le cours d'initiation en mode et chapellerie.

³ KRALOVANSZKY, M.. « Problems of the second restoration of two general's atillas (military coats) from 1848-1849 ». *Conserving Textiles, studies in honour of Agnes Timar-Balazsy*. ICCROM Conservation Studies, n°7, 2009, pp 97-102.

⁴ KRALOVANSZKY, 2009, p. 100.

Au musée des Native American Indian, Anna Hudson¹ utilise une méthode différente mais pour un résultat similaire. En lieu et place d'une pièce de tissu foulé, la restauratrice américaine refeutre² de la laine neuve à l'intérieur des lacunes, directement dans l'objet. Elle utilise, pour ce faire, la méthode de feutrage à l'aiguille (voir page 40).

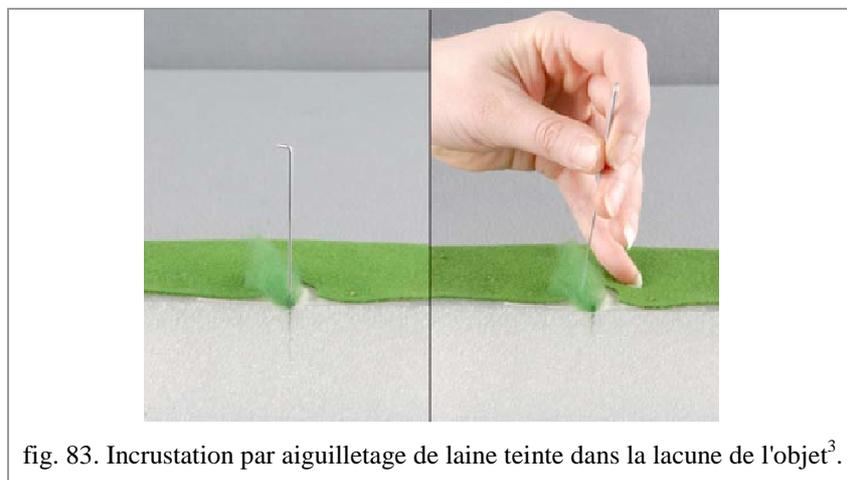


fig. 83. Incrustation par aiguilletage de laine teinte dans la lacune de l'objet³.

La méthode par aiguilletage direct pose le problème de la réversibilité de la restauration. En effet, l'aiguille entraîne les fibres nouvelles dans les fibres de l'objet pour créer un enchevêtrement irréversible (le but de l'aiguilletage est de produire un non-tissé résistant). Si l'aiguilletage est faible et contrôlé, la réversibilité est possible mais non sans quelques dommages pour les fibres de l'objet. De plus, l'aiguille, pointue et munie de crochets, peut dégrader les fibres de l'objet comme nous l'avons démontré dans la partie technico-scientifique de ce mémoire.

Au regard de ces deux interventions de restauration, nous écartons dès à présent la méthode du comblement de lacune par l'aiguilletage direct pour les risques qu'elle fait peser sur le matériau original et son irréversibilité. Nous axerons notre recherche d'un comblement des lacunes du feutre sur la confection d'incrustations ou de pièces de comblement à coudre dans les lacunes. Cette recherche fait l'objet d'un paragraphe dans le dernier chapitre de ce mémoire (voir page 101).

¹ HUDSON, A. « Hole-istic compensation : needle felted infills for losses in fulled wool ». *Journal of the American Institute for Conservation*, n° 48, 2000, pp.25-36.

² Le terme de refeutrage est ici utilisé pour l'aiguilletage de fibres textiles dans une épaisseur de masse de fibres enchevêtrées que ce soit par feutrage ou par aiguilletage.

³ HUDSON, 200, p ; 27.

4 Intervention de conservation-restauration

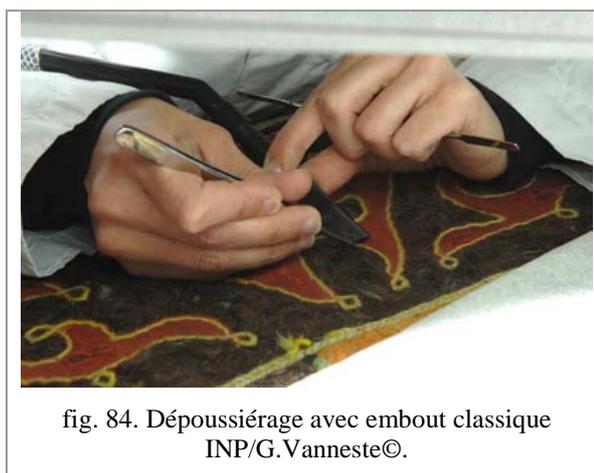
Les interventions de conservation-restauration ont été décidées en accord avec Mesdames Daria Cevoli, responsable juridique de l'objet et Stéphanie Erlarbi, responsable de l'atelier de restauration du musée du Quai Branly. L'objectif principal de cette intervention est de rendre au tapis son intégrité structurelle en vue de son exposition. En effet, les dégradations causées par les mites ont fortement affaibli la structure du tapis. Par ailleurs, comme nous l'avons défini lors de l'exposition des propositions de traitement, les altérations et les dégradations liées à la fabrication et à l'utilisation du tapis seront consolidées de manière à en conserver la visibilité et la lisibilité.

4.1 Le dépoussiérage

Le dépoussiérage est réalisé avec un micro-aspirateur¹ en deux étapes successivement menées sur l'ensemble du tapis face et revers.

4.1.1 Dépoussiérage

En premier lieu, les cocons de mites et certains débris végétaux visibles sont retirés à la pince. Ensuite, avec un embout d'aspirateur utilisé spécifiquement en restauration des textiles anciens, la zone est dépoussiérée par un passage lent et méthodique en prenant garde de ne pas aspirer les mèches de fibres (fig. 84).



¹ La micro-aspiration consiste à passer au-dessus du textile l'embout d'un micro-aspirateur à faible succion. La liste des matériaux utilisés pour la conservation-restauration ainsi que le nom des fournisseurs, se trouve en annexe p.133.

4.1.2 Retrait des cocons, des déjections de mites et autres particules invisibles

Les galeries et les interstices (couture et cordelettes, lacunes) sont systématiquement dépoussiérés avec un embout fin et long. Celui-ci est fabriqué à partir d'une pipette pasteur dont le bout, trop long, est brisé et chauffé au-dessus d'une flamme afin de rendre l'embout lisse et inoffensif pour l'objet¹. L'embout, en facilitant l'accès au moindre recoin, nous permet de retirer un maximum de déjections et d'exuvies de mites (fig. 85).



fig. 85. Dépoussiérage avec l'embout spécial. INP/G.Vanneste©.

Le dépoussiérage a nécessité 117 heures de travail². Les couleurs sont apparues plus franches et les fibres de laine plus brillantes. Le tapis a été ainsi débarrassé de tous les cocons de mites et poussières diverses afin de limiter le risque de ré-infestation du tapis.

4.2 La restauration des appliqués de sergé et des cordelettes

4.2.1 Confection et couture des pièces de support des lacunes du sergé de coton des appliqués

Un relevé en Mélinex^{®3} de chaque lacune est fabriqué pour pouvoir découper le tissu de support à la taille exacte de l'altération. Pour les zones nécessitant un ourlet (bord de lacune correspondant au bord du motif) la pièce de support est « moulée » sur l'empreinte avec un apport d'eau. La pièce est ensuite séchée sous poids. L'ourlet est alors formé et stable (fig. 86). Nous avons confectionné 101 pièces moulées et 61 pièces non-moulées. Les pièces mesurent de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres carrés.

¹ Cette technique nous a été enseignée par Mlle Agna Bayer lors de notre stage à l'Abegg-Stiftung, Riggisberg, Suisse.

² Il y avait 46 grammes de « poussière » dans le sac de l'aspirateur en fin de traitement (cela correspondrait à une poignée).

³ Film de polyester transparent.

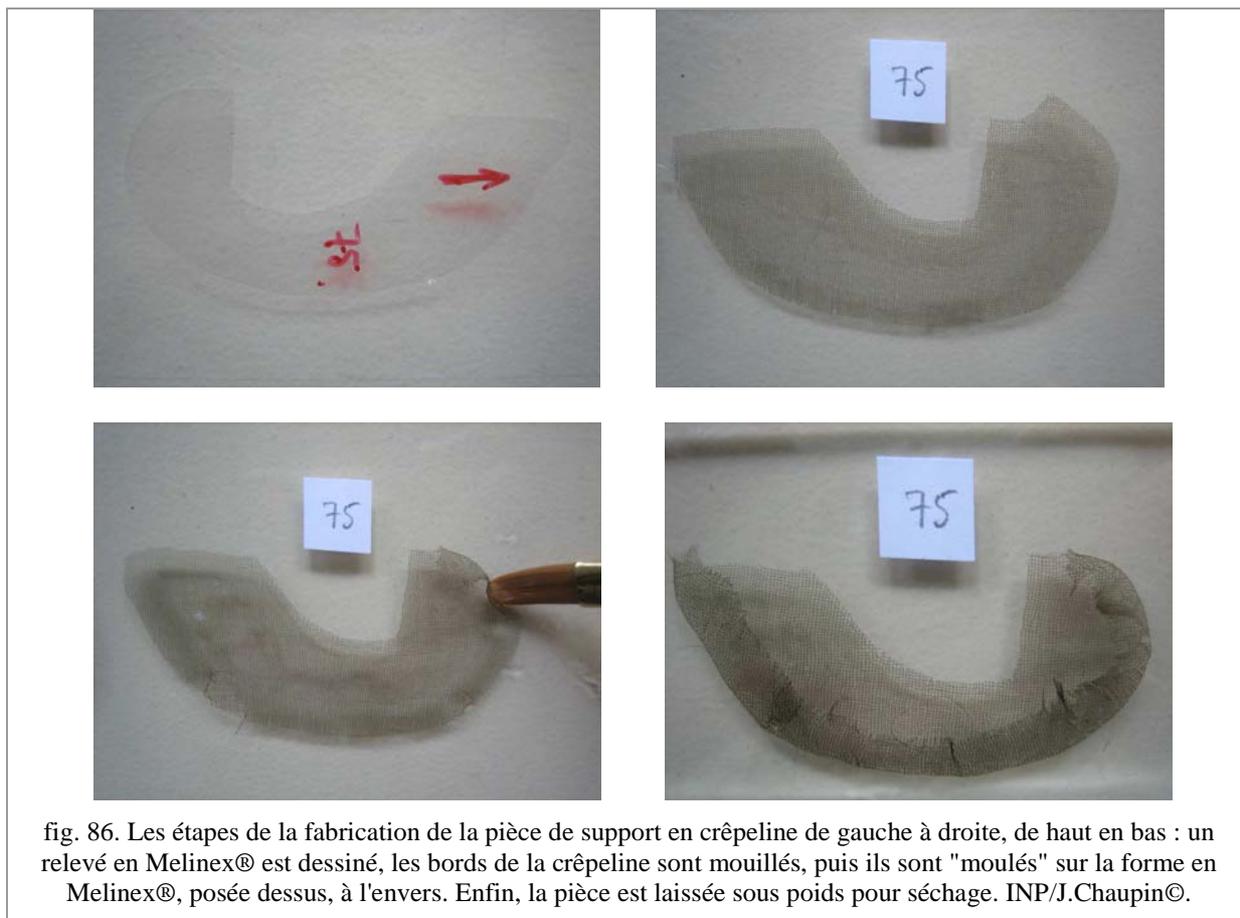


fig. 86. Les étapes de la fabrication de la pièce de support en crêpeline de gauche à droite, de haut en bas : un relevé en Melinex® est dessiné, les bords de la crêpeline sont mouillés, puis ils sont "moulés" sur la forme en Melinex®, posée dessus, à l'envers. Enfin, la pièce est laissée sous poids pour séchage. INP/J.Chaupin©.

Nous avons défini dans le constat d'état (voir p. 79) deux types de lacunes (usures et déchirures) du tissu des appliqués. Chacune est restaurée de façon spécifique et le résultat en est différent.

De manière générale, la pièce en crêpeline de soie est insérée sous la lacune, entre le sergé et le feutre. Le tissu et les fils libres des appliqués sont cousus au point de restauration à cette pièce de support en crêpeline. Le lancé du fil d'organsin un bout¹ servant à la réalisation du point de restauration² est orienté de façon à se placer dans la cavité que forme l'armure du sergé (fig. 87). Les points sont ainsi quasiment invisibles. Dans la mesure du possible, nous avons évité de coudre dans le feutre pour minimiser les tensions entre les différents textiles. Mais il n'a toujours été possible d'insérer une interface en

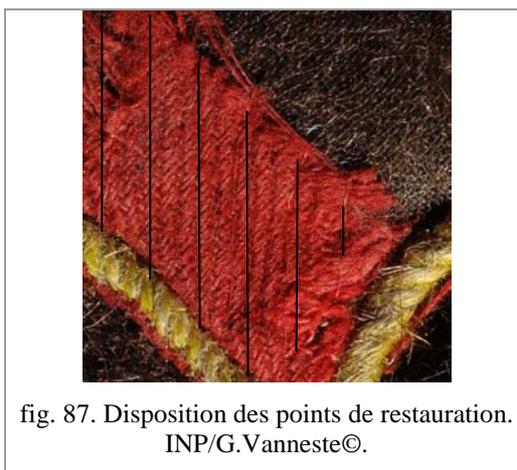


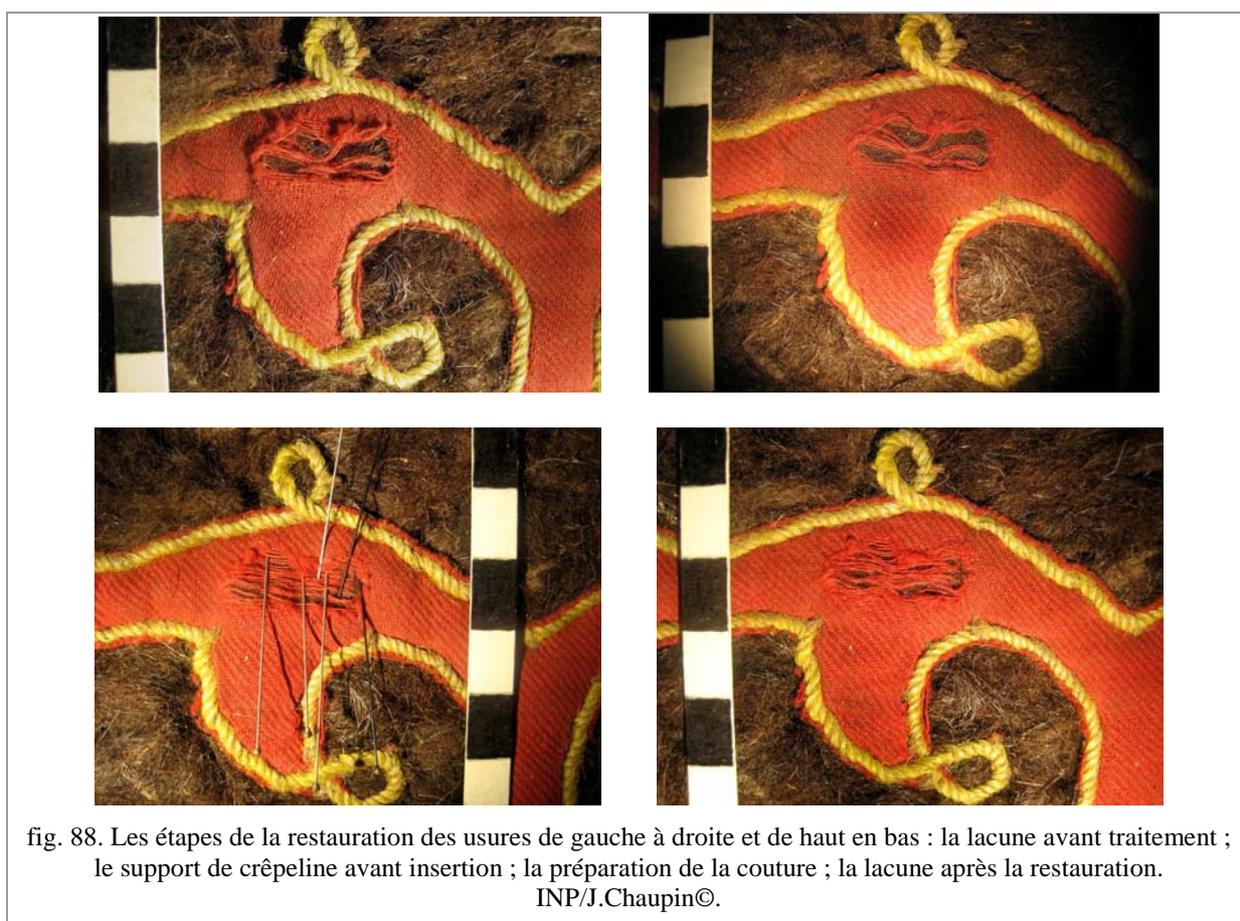
fig. 87. Disposition des points de restauration. INP/G.Vanneste©.

¹ Le fil d'organsin est un fil de soie retors. Organsin un bout, de deux teintes (rouge et marron).

² Un schéma du point de restauration se trouve dans le glossaire p.141.

Mélinex® entre la pièce de support et le feutre. Dans ces zones, nous avons donc travaillé très précautionneusement, comme en suspension, sans appui. Malgré tout, certaines fibres du feutre ont pu être prises dans la couture de restauration. Cependant, comme la structure du feutre est souple, les tensions créées par ces points de couture restent limitées.

Dans les usures, seule la chaîne, ou la trame, est encore présente. Les fils ont une direction prédéfinie¹. Ils sont fins car ils ont perdu de leur matière. Ils sont parfois encore accrochés aux deux extrémités de la lacune. La consolidation conserve cette direction et cela permet de retrouver, dans une certaine mesure, l'intégrité du tissu. Cependant, nous avons conservé la visibilité et la lisibilité de l'altération en ne parallélisant pas les fils de manière trop rectiligne ou artificielle (fig. 88).



¹ Dans le tissage, les fils de chaîne sont perpendiculaires aux fils de trame.

Les déchirures du tissu conservent, en partie, les fils de chaîne et de trame. Ils sont épais et souvent débordent des cordelettes jaunes bordant les motifs. De même que pour les usures, l'objectif de la restauration est de conserver une certaine lisibilité et visibilité des altérations tout en répondant aux exigences de conservation. Les fils,



fig. 89. Déchirure avant et après intervention. INP/G.Vanneste©.

trop longs, car ils ont été étirés lors de la déchirure, sont placés de manière à épouser les bords des motifs. La structure perpendiculaire des fils du tissage n'est donc pas respectée (fig. 89).

L'intervention de consolidation des zones altérées permet de redonner une certaine lisibilité au motif. Elle a nécessité 100 heures de travail.

4.2.2 Consolidation des cordelettes, des fils de couture, des mèches

Les cordelettes ont été recousues et consolidées avec un fil d'organsin deux bouts, teint de la même couleur (fig. 90). Les coutures de consolidation ne traversent pas toutes les épaisseurs du tapis car leur présence au revers les exposerait à un risque d'accrochage.



fig. 90. Cordelette double du champ central avant et après consolidation. INP/J.Chaupin©.

Les cordelettes sont consolidées et le motif retrouve sa lisibilité.

Les coutures d'assemblage décousues du revers ont été recousues avec un fil de coton câblé teint (fig. 91). Nous avons utilisé le même point de surjet que celui employé lors de la fabrication de tapis en utilisant les trous d'aiguille déjà existants quand cela était possible.



fig. 91. Couture d'assemblage du revers avant et après intervention. INP/ J.Chaupin et G.Vanneste©.

Les assemblages du revers sont consolidés et redonnent ainsi une intégrité structurelle à l'ensemble du tapis.

Les feutres orange et marron du feutre-mosaïque du champ central de la face sont attaqués par les mites sous la cordelette double et ne sont donc plus maintenus par les coutures d'assemblage. Ils risquent de se soulever lorsque le tapis sera roulé pour sa mise en réserve. Après un examen minutieux de chaque zone, nous avons décidé de refixer la partie présentant un risque d'accrochage de l'objet lors des manipulations. La lisière du feutre est fixée par couture à la nappe du revers. Les points de festons sont faits avec un fil d'organsin quatre bouts, de la teinte appropriée (fig. 92).



fig. 92. Feutre orange de la face, attaqué par les mites, avant intervention à plat et montrant le soulèvement. Après intervention, sur le rouleau prévu pour son conditionnement. INP/J.Chaupin, G.Vanneste©.

La consolidation des soulèvements permet de prévenir le risque d'accrochage lors de futures manipulations du tapis.

Les mèches de laine nécessitant une consolidation ont été rentrées dans la masse du feutre à l'aide d'une aiguille à coudre courbe à grand chas (fig. 93).



fig. 93. Exemple d'une mèche avant, pendant et après intervention. INP/J.Chaupin©.

Les mèches rentrées dans l'épaisseur du feutre ne présentent plus de risque pour l'intégrité du feutre.

L'ensemble des interventions de consolidation des cordelettes, des coutures d'assemblages et des mèches a nécessité deux journées de travail.

4.3 Les pré-tests à la restauration des lacunes du feutre

Afin de déterminer la méthode la plus appropriée pour la consolidation des zones lacunaires du feutre, nous avons mené une étude sur le comblement des lacunes des feutres. La recherche est axée sur les lacunes créées par les mites sur des feutres épais. En effet, l'attaque de mites provoque des lacunes caractéristiques : les lacunes sont irrégulières, profondes et souvent concentrée en un endroit. Avec ces pré-tests, nous souhaitons apporter une méthode de restauration adaptable à d'autres cas similaires. Nous avons donc écarté certains paramètres spécifiques aux tapis « *syrmak* » comme le réseau de coutures. Celui-ci apporte, en effet, solidité et résistance au tapis. La recherche est donc menée sur des éprouvettes de feutre, par voie humide, simples, et sans ajout de décors ou motifs.

4.3.1 Confection du feutre lacunaire

Nous avons feutré une pièce en une couche : la laine est placée sur la natte¹. Puis, elle est mouillée avec de l'eau chaude savonneuse².

Ensuite, la natte est enroulée, dans un sens et dans l'autre, tout en la faisant rouler sur



fig. 94. Vue des deux faces de la lacune découpée dans la pièce de feutre. INP/J.Chaupin©.

une serviette-éponge en exerçant une pression venant du haut (voir p. 46). Le foulonnage du feutre se fait par un malaxage de la pièce, à la main, tout en la lançant de temps en temps, sur le fond d'une bassine bosselée. Nous y avons découpé une lacune (fig. 94), semblable dans la forme et son importance, à la plus grande lacune du tapis (voir p. 75).

4.3.2 Confection de l'incrustation

Nous avons feutré une pièce en deux couches de laine séparées par un tissu de crêpeline (fig. 95). Cette séparation donnera une meilleure tenue et de la solidité à la pièce. Après avoir fait le relevé de



fig. 95. Vue des deux couches de laine et de la pièce. INP/J.Chaupin©.

l'avert et du revers de la lacune à l'aide de deux marques distinctes, nous avons découpé la pièce en prenant la crêpeline comme repère de distinction entre l'avert et le revers. Les bords de la pièce sont travaillés à la vapeur chaude pour tirer les fibres. La pièce sera ainsi mieux adaptée et l'interface entre le bord de la lacune et le bord de l'incrustation sera invisible. Le feutre est, dans une certaine mesure, un matériau malléable à la vapeur chaude, dans toutes les directions. Cela permet une certaine marge d'erreur lors de la découpe. Pour des raisons pratiques, nous préconisons de découper la pièce plus grande que nécessaire et de couper les bords en biais de manière à laisser, en surface, un centimètre, au minimum, de fibres libres (fig. 95).

¹ La technique de feutrage est explicitée en annexe, p.120.

² Eau à 50° Celsius additionnée de 5 grammes de paillettes de savon de Marseille par litre.

4.3.3 Couture de l'incrustation dans la lacune

Des fils de coton sont ensuite passés au travers des différents éléments de la pièce de feutre (fig. 96).



fig. 96. Fils de coton traversant les différents éléments de feutre.
INP/J.Chaupin©.

La pièce est introduite dans la lacune et les fils de couture sont insérés dans le feutre sain de l'éprouvette (fig. 97). Les fils sont enfin noués deux à deux au revers et rentrés dans le feutre pour les rendre invisibles.



fig. 97. L'incrustation est en place et les fils sont insérés dans le feutre sain. INP/J.Chaupin©.

4.3.4 Test de résistance de l'intervention

Afin de tester la solidité de la fixation de l'incrustation, nous avons mis cette pièce de feutre restaurée, servant de test, sous tension. Nous avons cousu des poids de manière à les répartir sur toute la largeur de la pièce puis nous avons suspendu cette dernière. La mesure des poids est effectuée en calculant la charge portée par la partie endommagée du tapis si celui-ci était malencontreusement accroché dans le mauvais sens (c'est-à-dire avec la lacune en haut à gauche). Après trois mois de mise en tension, l'incrustation a été tirée vers le bas de un à deux millimètres, mais aucun élément n'a rompu. Le petit décalage constaté de l'incrustation n'est pas visible car les fibres libres de l'incrustation le cache.

4.4 La restauration du feutre, le comblement des lacunes du tapis

4.4.1 Confection des incrustations

Le choix et la préparation des laines

Pour la confection des incrustations en feutre, nous avons sélectionné deux laines¹. Elles sont naturellement pigmentées car cela permet d'éviter les décolorations et également de nous rapprocher au mieux de la teinte extrêmement complexe des laines du tapis. Pour la face, la laine brun-roux des moutons karakul est la plus appropriée. Tandis que les pièces du revers sont feutrées avec de la laine de la race de moutons corse, contenant de longues mèches de fibres variant du blanc au noir en passant par le roux.

Le feutrage des pièces

Une grande pièce de feutre a été feutrée selon la méthode déjà décrite lors de la confection des éprouvettes de la partie technico-scientifique (voir page 47). La pièce est composée de trois couches : une couche de laine corse, un voile de crêpeline brun et une couche de laine karakul brun-roux (fig. 98).

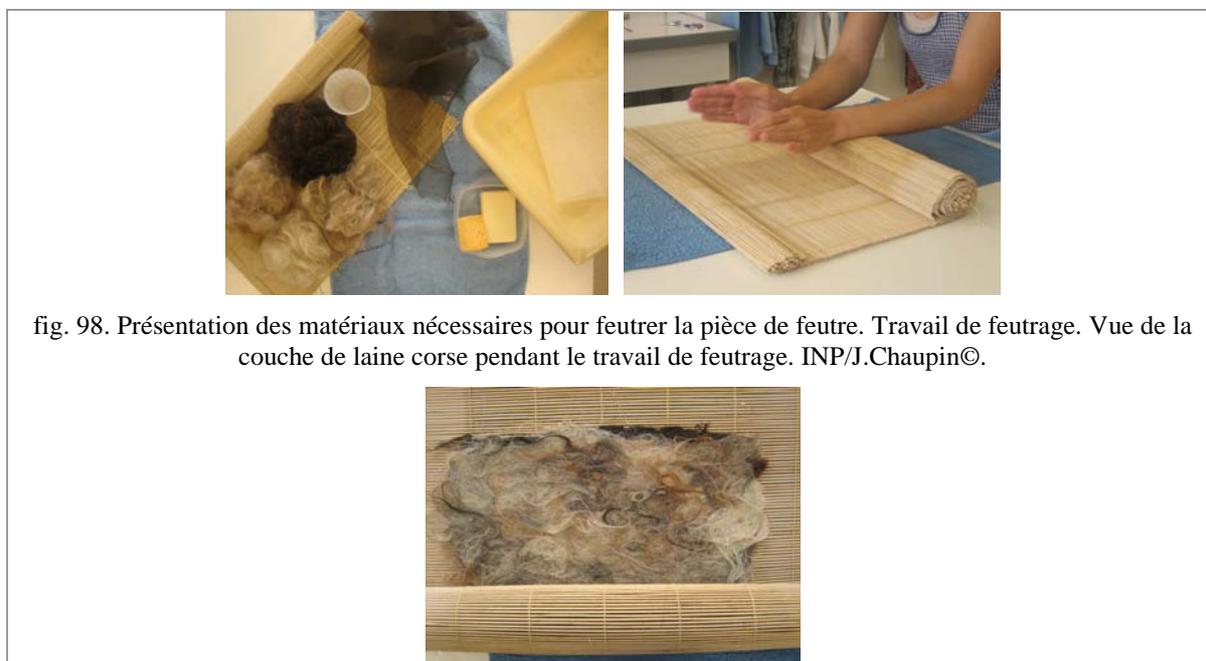


fig. 98. Présentation des matériaux nécessaires pour feutrer la pièce de feutre. Travail de feutrage. Vue de la couche de laine corse pendant le travail de feutrage. INP/J.Chaupin©.

¹ Des quantités conséquentes de ces laines nous ont été données par Marie-Thérèse Chaupin, A.T.E.L.I.E.R.. L'association Textile Européenne, de Liaison, d'Innovation, d'Echange et de Recherche, créée en 1989, regroupe des éleveurs, des tondeurs, des filateurs, des tisserands, des tricoteurs, de petits industriels, des artisans, des artistes et des chercheurs ne se résignant pas à la fatalité économique et surtout passionnés de la matière laine.

La fabrication de l'incrustation

Un relevé de la lacune est pris sur un Mélinex®. La lacune est décalquée sur la face et sur le revers. Il est important de faire le relevé avec minutie.

Le relevé sur Mélinex® est placé sur la grande pièce de feutre prévue pour le comblement. On découpe au scalpel une pièce avec une large marge sur le pourtour. Ensuite, les contours du comblement se font aux ciseaux de broderie à bouts effilés en prenant soin de laisser un centimètre de marge. Les deux couches de l'incrustation sont découpées indépendamment l'une de l'autre (fig. 99). La pièce de feutre utilisée pour la confection des comblements est grande et le feutrage y est irrégulier. Ainsi certaines zones, localisées, restent lâches. Nous avons donc consolidé quelques éléments de l'incrustation entre eux et à la crêpeline par un léger aiguilletage de l'incrustation. En effet, si l'aiguilletage est très léger, cela permet de consolider les éléments ensemble sans changer la texture de surface du feutre. L'aiguilletage permet ainsi un enchevêtrement maîtrisé et localisé des fibres de laine. Il est intéressant de remarquer que l'aiguilletage peut être utilisé pour la confection des incrustations. Pour un objet constitué de non-tissé de laine aiguilletée, il est probable que, la confection des incrustations par aiguilletage soit appropriée car la texture de surface des comblements est alors la même que celle de l'objet.



4.4.2 Couture des incrustations

Insertion des fils de couture dans l'incrustation

Des fils de coton câblé teints sont passés au travers de l'incrustation. Un fil passe dans le comblement de la face et un autre fil passe dans celui du revers (fig. 100 et schéma en coupe de la section). Les fils sont invisibles à la surface. Nous préconisons la couture de ces fils au point avant saisissant la crêpeline quand cela est possible. Ainsi les deux côtés du comblement sont maintenus ensemble en prenant le voile de crêpeline du centre.

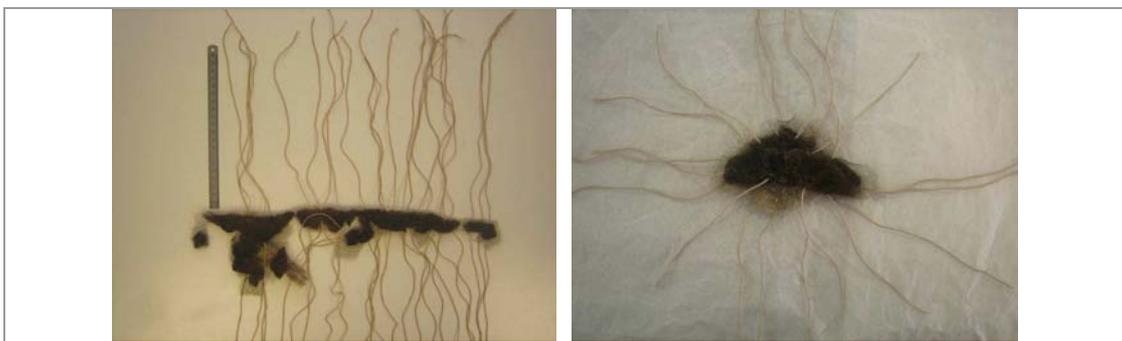


fig. 100. Incrustations avec les fils de coton câblés passés dans l'épaisseur du feutre. INP/J.Chaupin©.

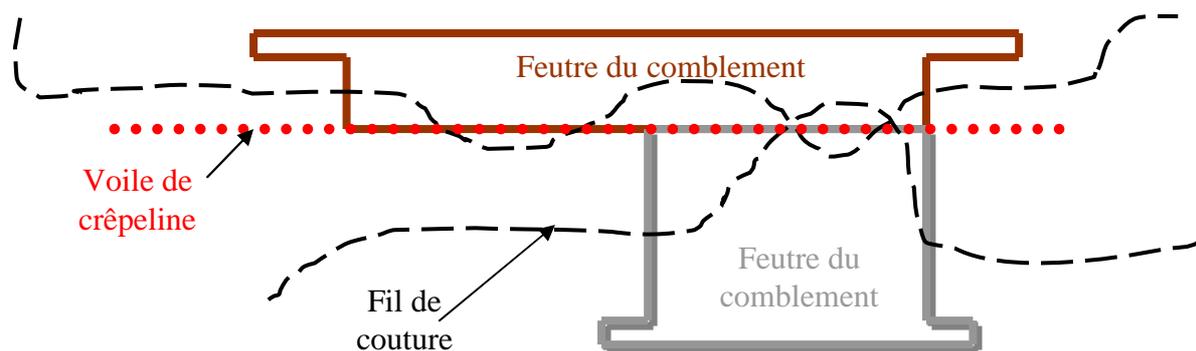


Schéma en coupe de la section des pièces de comblement.

Couture de l'incrustation dans les lacunes

La pièce de comblement est insérée dans la lacune. Les fils sont passés dans l'épaisseur du feutre du tapis (schéma en coupe de la section). Les fils passant dans la face de l'incrustation sont



fig. 101. Couture de l'incrustation dans le tapis. Face et revers.
INP/J.Chaupin©.

d'abord insérés dans le feutre de la face du tapis puis ressortent sur l'arrière en traversant le revers. Les fils du revers de l'incrustation ne traversent que le feutre du revers du tapis (fig. 101). Tous les fils ressortent sur l'arrière du tapis dans une zone où le feutre de l'objet est sain. Les fils sont ensuite noués deux à deux de façon à former une couture sur le pourtour de l'incrustation (schéma du revers du comblement). Les bords de l'incrustation sont cousus aux bords de la lacune du tapis avec un fil d'organsin deux bouts, de la teinte appropriée, avec un point invisible.

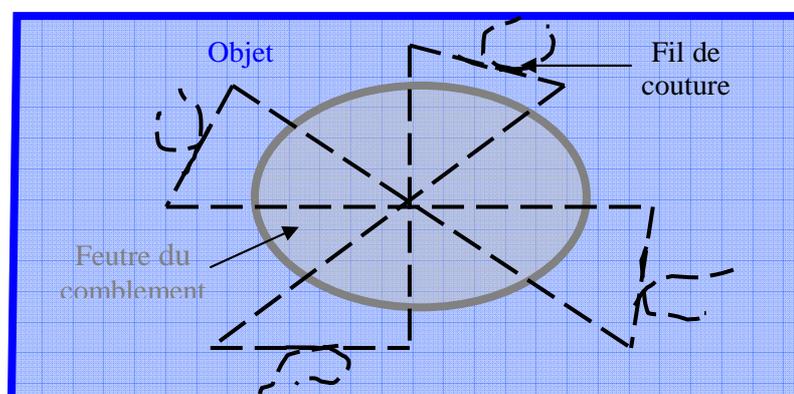
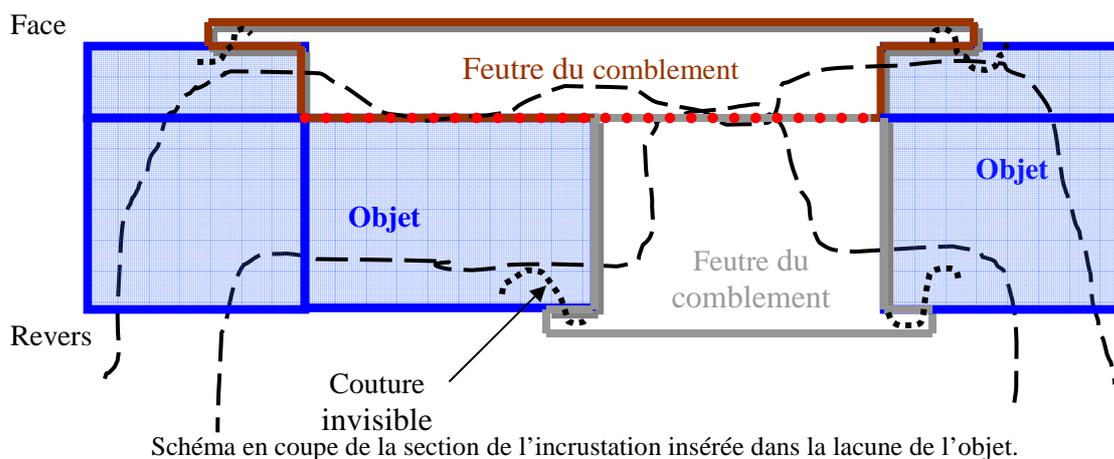


Schéma du revers du comblement inséré dans la lacune de l'objet

Pose d'une crêpeline au revers du tapis, sur la zone traitée

La singularité et la richesse du revers sont essentiellement dues à la mise en œuvre du tapis. Les informations ethnographiques et symboliques qui en émanent exigeraient une intervention minimale. Ceci serait également en accord avec l'ensemble des interventions menées jusqu'à présent dans le respect de la nature

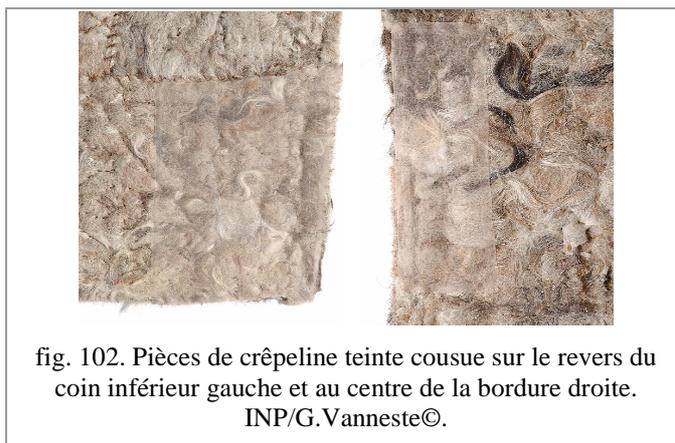


fig. 102. Pièces de crêpeline teintée cousue sur le revers du coin inférieur gauche et au centre de la bordure droite.
INP/G.Vanneste©.

ethnographique de l'objet. Néanmoins, afin de répondre aux exigences de la déontologie de la conservation-restauration, les zones restaurées sont signalées au revers par des pièces de crêpeline dont les bords ont été retournés pour éviter qu'ils ne s'effilochent. Ces pièces sont maintenues à la nappe de feutre du revers par des lignes de coutures placées en quinconce et réalisées au point droit avec un fil de coton de la teinte appropriée. Les bords des pièces sont fixés à la nappe de feutre par une ligne de points droits avec un fil d'organsin deux bouts de la teinte appropriée. Cette intervention est totalement et aisément réversible. Les pièces de crêpeline n'ont pas de fonction de support mais d'indication de l'intervention. Les zones où nous avons comblé les lacunes des feutres du tapis sont fragiles et leur manipulation doit être délicate.

La confection des incrustations et leur couture dans les lacunes du tapis a nécessité neuf jours de travail. La solidité de l'intervention est satisfaisante. Le tapis a retrouvé son intégrité structurelle et peut être exposé sur un plan incliné. L'incrustation reste peu visible. La stabilité de notre intervention est essentiellement due au passage des fils de coton câblés dans l'épaisseur du feutre.



fig. 103. Lacune du feutre du coin inférieur droit avant restauration. Après intervention, face et revers.
INP/G.Vanneste©.

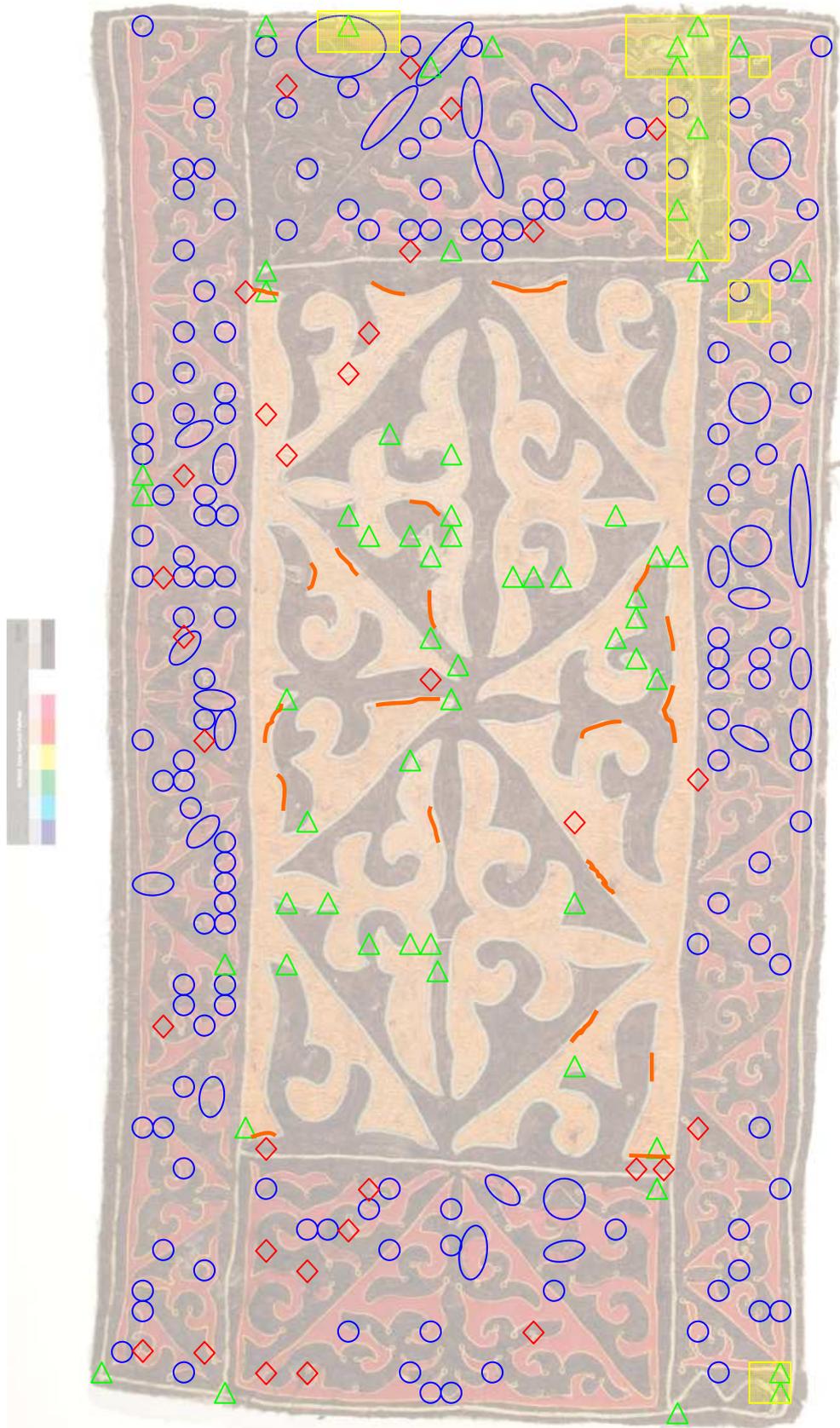
Conclusion générale pour la conservation-restauration :

Les interventions de restauration réalisées sur le tapis du musée du quai Branly sont satisfaisantes tant du point de vue de leur stabilité que de leur lisibilité et de leur réversibilité. Les choix effectués sont le résultat d'une observation minutieuse de chaque catégorie d'altération en vue d'une intervention de conservation-restauration en accord avec la nature ethnographique de l'objet. Les traces d'usage, comme les taches et les altérations des appliqués de sergé rouge ou celles des cordelettes ont été conservées. Cependant chacune a été consolidée de manière à permettre la manipulation et l'exposition du tapis sans risque pour sa conservation. Les altérations dues aux mites ont été traitées de manière « *illusionniste* » car l'étude de l'histoire matérielle de l'objet a permis de conclure qu'elles étaient le fait de sa conservation dans les collections françaises et non le témoin de son contexte ethnographique¹.

Le tapis devra être exposé dans des conditions climatiques stables. Il reste tout de même un objet fragile. L'intervention de conservation-restauration stabilise et consolide les altérations mais le tapis doit être manipulé avec précaution.

¹ Un relevé exact et à l'échelle des interventions de comblement des lacunes du feutre est fait sur un Mélinex®.

Relevé des interventions de consolidation sur la face



- Consolidation des appliqués △ Consolidation des cordelettes ◇ Mèches rentrées

□ Complements des lacunes de feutre — Consolidation des assemblages

Relevé des interventions de consolidation sur le revers

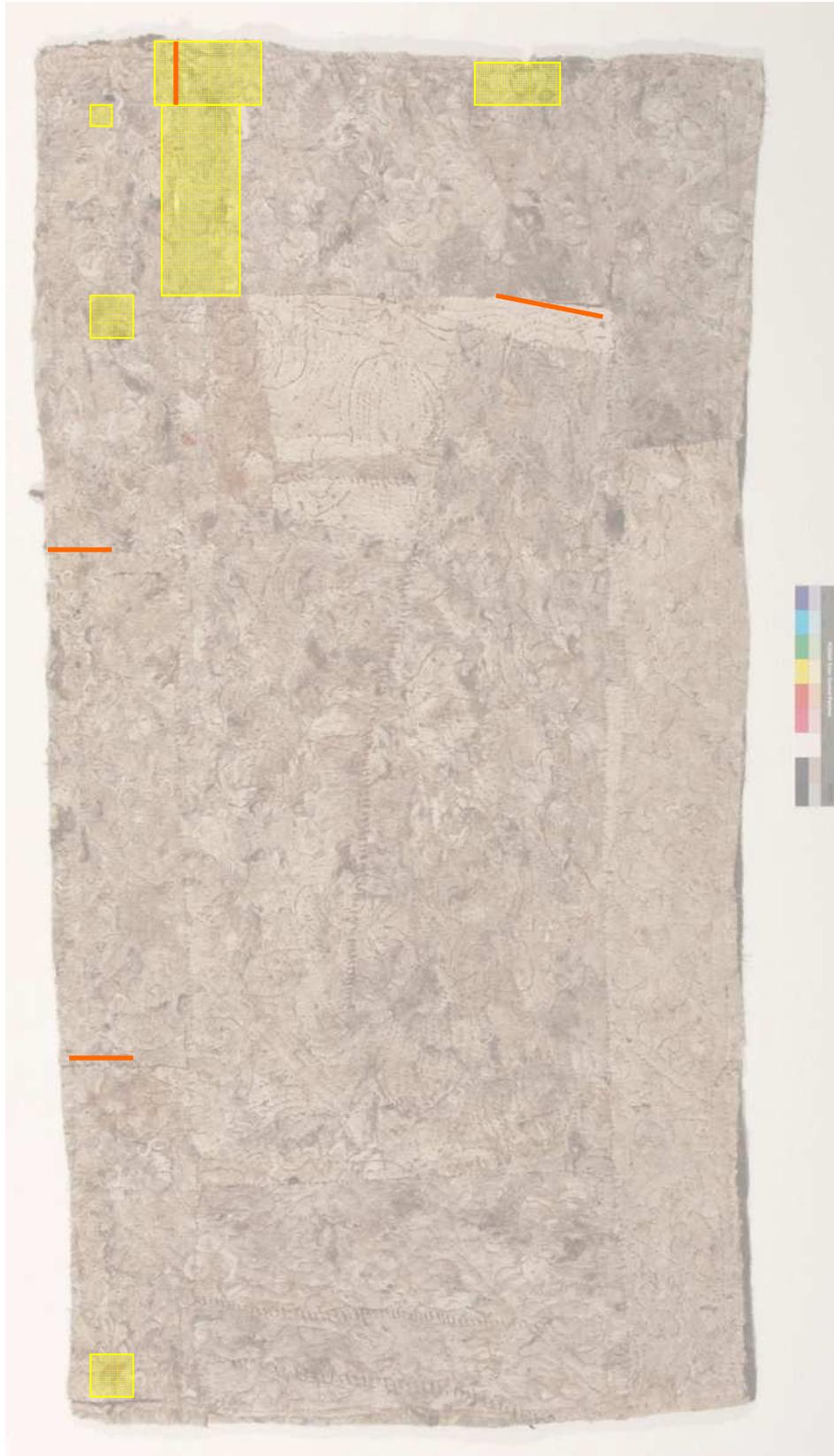




fig. 104. Vue de la face du tapis avant restauration (en haut) et après restauration (en bas). INP/G.Vanneste©.





fig. 105. Vue du revers du tapis avant restauration (en haut) et après restauration (en bas). INP/G.Vanneste©.



4.5 Les propositions de conservation préventive

4.5.1 Les conditions adéquates d'exposition et de conservation d'un tapis de feutre

4.5.1.1 *L'exposition en salle*

Les tapis de feutre sont généralement de grande dimension et relativement lourd. Une exposition à plat est donc recommandée pour éviter les déformations qui pourraient se produire lors d'une présentation à la verticale des objets. De plus, le feutre est un matériau très sensible à son environnement climatique. Les déformations en sont alors accentuées. La présentation à plat ne doit pas excéder un an.

Lorsque qu'une exposition à plat n'est pas possible, un plan incliné à faible pente peut être une alternative. Cependant le temps d'exposition ne devrait pas excéder trois mois, pour plus de sécurité.

Les conditions climatiques, lors de la présentation en salle, doivent impérativement être stables. Idéalement, la température devrait être de 18°C et l'humidité relative de 50%. L'éclairage ne doit pas dépasser 50 LUX.

4.5.1.2 *La mise en réserve*

Lors de la mise en réserve, les tapis doivent être roulés sur des rouleaux de très grand diamètre (de 20 à 30 centimètres de diamètre). Des papiers de soie doivent être placés de manière à isoler la face du revers du tapis. Une « couverture » en tissu de coton est roulée sur le tout et maintenue par des bandes de tissu nouées, environ tous les 40 centimètres le long du rouleau. Le tissu de coton a l'avantage d'être lavable et non-électrostatique. Les rouleaux ne doivent en aucun cas reposer sur le sol d'une étagère. De petites cales de bois ou de métal maintiennent le rouleau en hauteur à ses deux extrémités.

Lors de son stockage, il faut prendre garde à placer l'extrémité extérieure du tapis sur le haut du rouleau pour éviter qu'elle ne pende et se déforme.

Les conditions climatiques pour la mise en réserve doivent être les mêmes que celles qui sont préconisées pour la présentation en salle.

4.5.1.3 La prévention contre les insectes kératinophages

La prévention contre les insectes kératinophages, communément appelés mites est très problématique. En effet, les traitements chimiques sont pour la plupart aujourd'hui interdits du fait de leur toxicité pour l'environnement et pour les hommes. Des recherches sont menées sur les huiles essentielles comme moyens efficaces de lutte¹. Elles doivent être approfondies afin de trouver la méthode de prévention efficace et adaptée au cadre muséal.

Nous préconisons, à défaut d'une méthode « miracle », un suivi régulier des objets. L'observation minutieuse des objets doit être faite au minimum tous les mois que ce soit lors de l'exposition ou du stockage en réserve. Les mites n'aiment pas être dérangées ; une observation avec manipulation délicate peut réduire les risques d'infestation.

4.5.2 La présentation du tapis de feutre dans les salles d'exposition permanente du musée du quai Branly et sa conservation dans les réserves.

Le tapis faisant l'objet de ce mémoire va faire partie d'un lot de tapis de feutre destinés à être exposés en roulement dans les salles de l'exposition permanente du musée du quai Branly. Une vitrine du département Asie est réservée à l'exposition des tapis de feutre d'Asie centrale (

fig. 106). Elle est composée d'un plan incliné aimanté.



fig. 106. Vitrine prévue pour l'exposition des tapis de feutre. Musée du quai Branly/J.Chaupin©

Le musée du quai Branly a élaboré un système d'accrochage, approprié à ses vitrines. Le tapis sera donc préparé dans l'atelier de restauration du musée en vue de son exposition.

Nous avons confectionné un rouleau pour permettre la mise en réserve du tapis dans des conditions adéquates. Sur un rouleau de carton neutre de 15 centimètres diamètre, nous

¹ AVAHEA, *Étude bibliographique : les substances naturelles insecticides en vue de la valorisation de laines de mouton*. Étude réalisée pour Etoile du Berger, www.etoileduberger.fr. 2000, 28p.

avons ajouté un film de polyéthylène extrudé jusqu'à obtenir un diamètre de 30 centimètres. Cette valeur a été déterminée lors d'essais successifs pendant lesquels le tapis est roulé sur des rouleaux de différents diamètres. Le rouleau final permet de maintenir le tapis en place tout en réduisant les tensions qui s'appliquent sur les matériaux et plus particulièrement sur les fils de couture. Une interface de jersey tubulaire en coton permet d'isoler le tapis du film de polyéthylène. Nous préconisons de surélever le rouleau à ses deux extrémités grâce à des « perroquets »¹ pour éviter que le tapis ne repose sur le fond de l'étagère dans les réserves.



fig. 107. Confection du rouleau.
INP/J.Chaupin©.

¹ Un « perroquet » est une cale qui permet de soutenir un rouleau en hauteur. Chaque extrémité est soutenue par une cale.

Conclusion

Ce mémoire de fin d'étude a été l'occasion de me confronter à un objet ethnographique. La réflexion, menée par le musée du quai Branly, sur l'implication de la nature ethnographique des objets dans les interventions de conservation-restauration a été pour moi source d'intense enrichissement intellectuel.

L'étude du contexte ethnographique de la fabrication du tapis « *syrmak* » a permis de donner une nouvelle dimension à l'objet. Les particularités, dégagées lors des recherches menées sur la confection du feutre puis sur la couture du tapis, démontrent toute la singularité des « *syrmak* » au sein de la production de tapis de feutre d'Asie centrale.

L'étude technico-scientifique s'est révélée passionnante. J'ai pu me familiariser avec les techniques de fabrication du feutre et du non-tissé. Un des objectifs de ce travail est de permettre une meilleure caractérisation des matériaux constitutifs des œuvres patrimoniales. Dans le cadre de ce mémoire, seule une première approche du comportement du feutre et du non-tissé a pu être esquissée. Il est essentiel, à mon sens, que les pistes de recherches ouvertes soient développées.

L'approche ethnographique a guidé l'ensemble des choix et des interventions de conservation-restauration. Les traces d'usage, qui sont le témoin de l'histoire du tapis, ont été conservées tout en répondant aux exigences de consolidation nécessaires à la bonne conservation de l'objet.

La méthode de comblement des lacunes du feutre, élaborée dans le cadre de ce mémoire, a répondu de manière très satisfaisante à toutes mes attentes. L'intervention est peu visible et très stable. Les pré-tests ont démontré que la méthode est transposable à d'autres objets en feutre, moins spécifiques que le « *syrmak* » restauré ici.

Nous espérons que le public saura apprécier l'originalité de ce tapis de feutre qui est l'unique exemplaire de « *syrmak* » conservé au musée du quai Branly.

Annexes

Photographie ektachrome du tapis au musée de l'Homme, Paris.	p. 119
Méthode pour faire un feutre par voie humide de type traditionnel.	p. 120
Les aiguilles à feutrer.	p. 121
Dimensions et poids des éprouvettes.	p. 122
Données utilisées pour le calcul de la valeur théorique de la porosité et de celles des tests de perméabilité à l'air.	p. 123
Données de l'expérimentation de prise en eau.	p. 124
Données des essais de résistance à la rupture par traction.	p. 127
Analyse technique des fils de couture et des cordelettes.	p. 128
Analyse technique du tissu des appliqués.	p. 129
Rapport d'analyse des colorants, LRMH.	p. 130
Rapport d'analyse des taches, INP.	p. 131
Liste du matériel utilisé pour la restauration et fournisseurs.	p. 133
Fiche technique du colorant direct SOLOPHENYL®.	p. 135
Fiche technique du colorant 1 : 2 complexe métallique LANACRON N (IRGALANE).	p. 137
Fiche technique du film de polyéthylène extrudé.	p. 139

Photographie ektachrome du tapis au musée de l'Homme, Paris.



Méthode pour faire un feutre par voie humide de type traditionnel. Christina Zofall-Wilson

Trier la laine selon la couleur et la texture.

Carder la laine sans paralléliser les fibres ; faire des gestes qui soulèvent la masse de fibres entre les cardes, suffit pour la démêler.

Mettre en place les fibres en faisant une couche aussi régulière que possible, le croisement des couches pratiqué pour le feutre fin n'est pas applicable pour ce type de feutre.

L'emplacement idéal sur la natte permet de plier celle-ci en deux pour retourner la masse de fibres lors des premières étapes.

Asperger les fibres avec une solution d'eau savonneuse, avec un pot à faisselle ou un petit arrosoir qui permet de diffuser l'eau sur toute la surface sans déranger l'emplacement des fibres.

Avec la paume de la main appuyer sur la masse des fibres pour assurer la pénétration de l'eau et pour enlever l'air pris entre les fibres.

Enrouler les fibres dans la natte sans exercer de pression. Rouler la natte toujours dans le même sens, le temps d'une traversée de la table. Ouvrir la natte, la ré-enrouler par l'extrémité opposée et effectuer encore une traversée de la table.

Après plusieurs passages de mouvement unidirectionnel, ouvrir complètement la natte pour vérifier la première prise des fibres entre elles. Avec des doigts couverts de savon lisser les bords. Au besoin placer une toile ferme, type moustiquaire, sur la pièce pour faire rentrer les fibres qui se détachent de la masse. Frotter la moustiquaire avec un bloc de savon en suivant le sens du grillage et avec des gestes fermes et brefs pour éviter que les fibres ne s'y accrochent.

Tourner la pièce en repliant la natte et en la retournant sur le plan de travail. Reprendre les étapes décrites jusqu'au stade où la saisie de fibres permet de retourner la pièce en la soulevant sans le soutien de la natte. En même temps, faire faire un quart de tour à la pièce.

Reprendre le roulement de la natte en exerçant un peu plus de pression. Une fois que la surface est bien saisie, recommencer les roulements mais en faisant un mouvement de va et vient pour effectuer le feutrage en profondeur. Il faut constamment ouvrir la natte pour surveiller l'évolution de la pièce et pour la tourner d'un quart de tour et la retourner régulièrement.

Après un certain temps le feutre devient ferme, ensuite vient le foulonnage.

Malaxer la pièce vigoureusement entre les mains, en roulant la sur elle-même. Cela va provoquer le resserrement des fibres et la rétractation de la pièce va se commencer.

Le feutre peut être considéré comme fini quand on peut tirer sur la surface sans que des fibres s'en détachent et quand l'étirement sur les angles ne provoque pas de déformation.

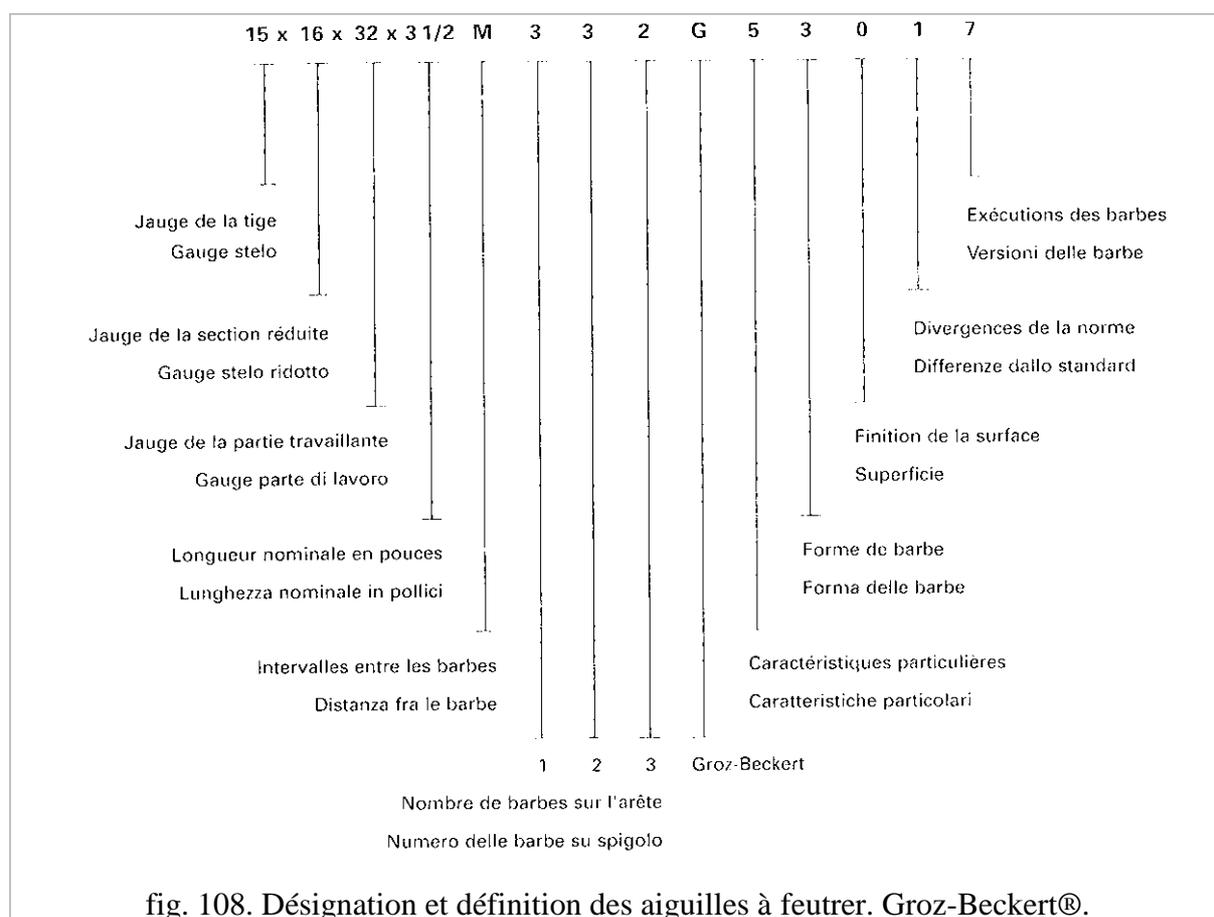
Un rinçage en profondeur est nécessaire avec un passage intermédiaire dans une solution de vinaigre pour ramener la laine à son pH neutre.

Sécher à l'air libre, éventuellement en suspendant la pièce à la verticale pour que l'eau s'évacue.

Les aiguilles à feutrer.

Pour la confection des éprouvettes, nous avons utilisé les aiguilles à feutrer suivantes :

	distance pointe/première barbe	profondeur des barbes
15x16x38x3.5 R322 G 53012	3.18 mm	0.07 / 0.08 / 0.08
15x16x40x3.5 R222 G 53017	6.36 mm	0.04 / 0.06
15x16x36x3.5 R332 G 53037	6.36 mm	0.08 / 0.11 / 0.12
15x18x38x3 R333 G 2007	6.36 mm	0.08
15x18x40x3.5 R222 G 3017	3.18 mm	0.07



Dimensions et poids des éprouvettes.

Feutre par voie humide

	<i>Longueur (cm)</i>	<i>Largeur (cm)</i>	<i>Épaisseur (cm)</i>	<i>Poids (g)</i>
<i>1</i>	14	13.5	0.97	18.62
<i>2</i>	14	13.5	1	18.65
<i>3</i>	14	13.8	1	18.5
<i>4</i>	13.8	13.6	0.98	18.13
<i>5</i>	14.2	13.8	0.97	18.72
<i>6</i>	14.6	14.3	0.95	18.32
<i>7</i>	14.1	13.5	0.95	18.21
<i>8</i>	14	13.5	1.05	18.5
<i>9</i>	13.5	13	1	18.64
<i>10</i>	14	13.5	0.95	18.85
Moyenne	14.02	13.6	0.98	18.51
Ecart-type	0.28	0.33	0.03	0.23

Non-tissé en laine aiguilletée

	<i>Longueur (cm)</i>	<i>Largeur (cm)</i>	<i>Épaisseur (cm)</i>	<i>Poids (g)</i>
<i>1</i>	13.5	13.5	1.11	18.95
<i>2</i>	13.5	13.8	1.1	19.35
<i>3</i>	13.5	13.2	1.11	19.37
<i>4</i>	13.4	13.4	1.02	18.48
<i>5</i>	13.5	13.6	1.05	19.39
<i>6</i>	13.5	13.4	1.12	19.2
<i>7</i>	13.2	13.5	1.06	18.93
<i>8</i>	13.4	13.4	1.11	19.15
<i>9</i>	13.2	13.3	1.06	19.1
<i>10</i>	13.5	13.5	1.06	19.05
Moyenne	13.42	13.46	1.08	19.10
Écart-type	0.12	0.16	0.03	0.27

Données utilisées pour le calcul de la valeur théorique de la porosité et de celles des tests de perméabilité à l'air.

Données des tests de perméabilité à l'air				Données des tests de perméabilité à l'air			
Numéro éprouvette	Débit de l'air total ($l^3s^{-1}m^{-2}$)	Feutre par voie humide		Numéro éprouvette	Débit de l'air total ($l^3s^{-1}m^{-2}$)	Feutre par voie humide	
		Perte latérale ($l^3s^{-1}m^{-2}$)	Perméabilité à l'air ($l^3s^{-1}m^{-2}$)			Perte latérale ($l^3s^{-1}m^{-2}$)	Perméabilité à l'air ($l^3s^{-1}m^{-2}$)
2	910	156	754	2	910	156	754
3	1220	156	1064	3	1220	156	1064
6	868	142	726	6	868	142	726
9	1070	168	902	9	1070	168	902
10	930	151	779	10	930	151	779
Moyenne	999.6	154.6	845	Moyenne	999.6	154.6	845
Ecart-type	144.7	9.4	139.6	Ecart-type	144.7	9.4	139.6
Non-tissé aiguilleté				Non-tissé aiguilleté			
Numéro éprouvette	Débit de l'air total ($l^3s^{-1}m^{-2}$)	Perte latérale ($l^3s^{-1}m^{-2}$)	Perméabilité à l'air ($l^3s^{-1}m^{-2}$)	Numéro éprouvette	Débit de l'air total ($l^3s^{-1}m^{-2}$)	Perte latérale ($l^3s^{-1}m^{-2}$)	Perméabilité à l'air ($l^3s^{-1}m^{-2}$)
1	1560	332	1228	1	1560	332	1228
3	1550	302	1248	3	1550	302	1248
7	1400	289	1111	7	1400	289	1111
8	1140	282	858	8	1140	282	858
9	1260	276	984	9	1260	276	984
Moyenne	1382	296.2	1085.8	Moyenne	1382	296.2	1085.8
Ecart-type	182.8	22.2	165.4	Ecart-type	182.8	22.2	165.4

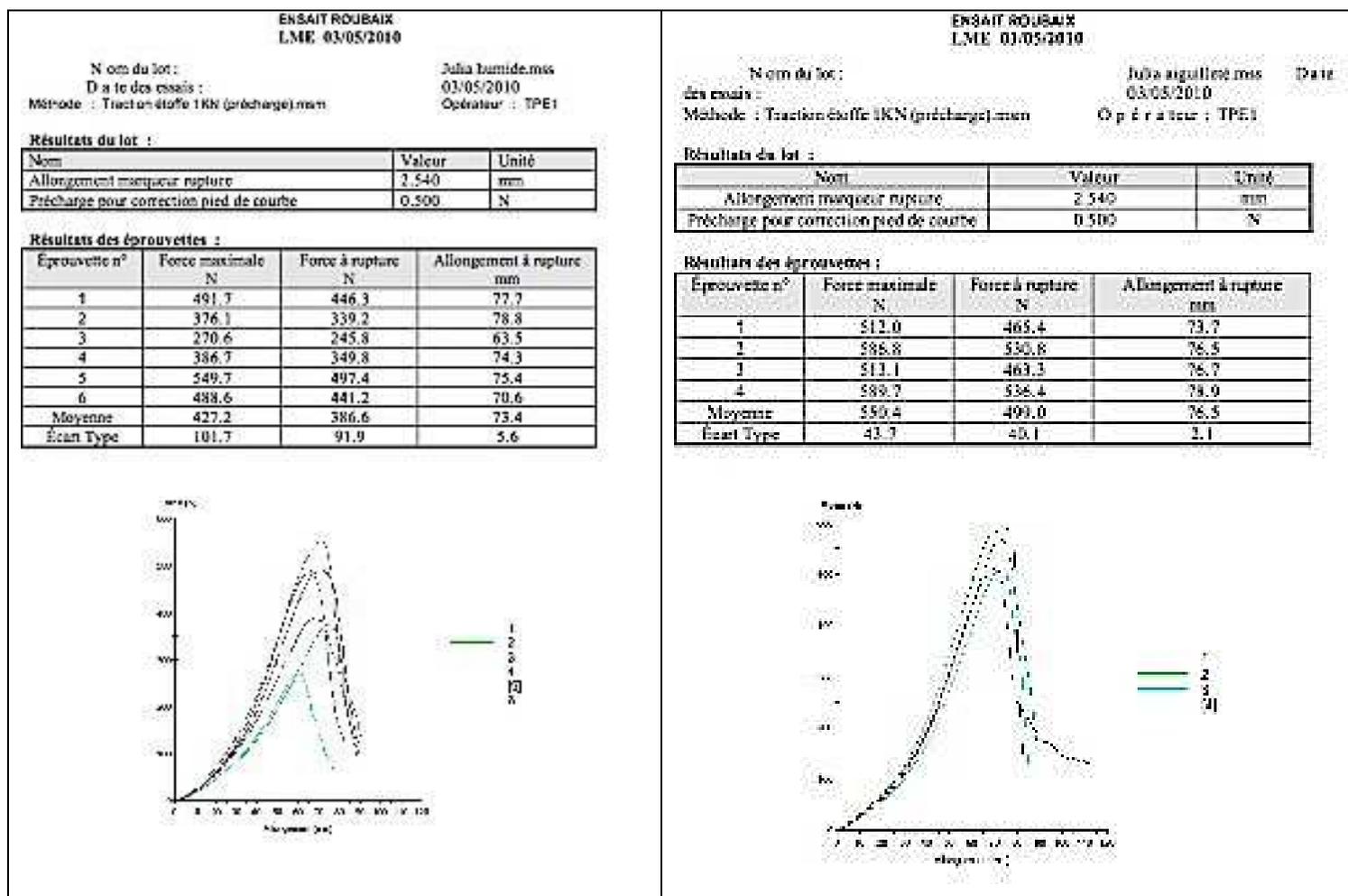
Données de l'expérimentation de prise en eau. L'unité de valeur est le gramme.

Prise en eau des éprouvettes de fouure par voie humide, 33% HR					Prise en eau des éprouvettes aiguilletées, 33 % HR				
Nombre d'heures	Éprouvette			Température	Nombre de d'heures	Éprouvette			Température
	1	2	3			1	2	3	
0	18.32	18.29	18.16	18.5	0	19.305	19.691	19.701	
17	18.1	18.24	18	19.8	17	19.126	19.476	19.504	19.8
24	18.19	18.39	18.23	22.3	24	19.059	19.446	19.49	21.4
41	18.02	18.17	18.18	17	41	19.038	19.422	19.46	17.3
48	18.5	18.17	18.25	20.9	48	19.04	19.425	19.468	20
65	18.58	18.56	18.41	17.5	65	19.016	19.406	19.456	19.5
72	18.5	18.54	18.42	20.3	72	18.987	19.381	19.419	22.3
89	18.53	18.53	18.37	19.5	89	19.006	19.39	19.445	17.6
96	18.501	18.538	18.411	21.1	96	18.995	19.404	19.475	20.1
161	18.508	18.509	18.352	20.1	185	18.975	19.374	19.438	18.1
168	18.467	18.504	18.371	22.1	192	18.965	19.36	19.419	22
185	18.482	18.514	18.402	20.6	209	18.988	19.359	19.407	20.6
192	18.495	18.533	18.457	22.4	216	18.969	19.354	19.402	22.1
209	18.473	18.509	18.381	19.8	233	18.965	19.354	19.402	21.1
216	18.465	18.503	18.379	21.4	240	18.96	19.347	19.396	22.2
233	18.46	18.502	18.372	20.4	257	18.959	19.346	19.396	20.5
240	18.487	18.503	18.357	22.1	264	18.949	19.336	19.388	22.6
257	18.479	18.509	18.379	20.6	329	18.946	19.337	19.41	19.5
264	18.503	18.511	18.354	19.9	336	18.934	19.332	19.377	21.6
329	18.459	18.493	18.357	19.9	353	18.959	19.335	19.38	17.4
336	18.458	18.495	18.366	22.1	360	19.927	19.585	20.161	21
353	18.462	18.499	18.369	20.6	377	19.256	19.694	19.665	19.6
360	18.463	18.505	18.378	22.1	384	19.172	19.595	19.599	
377	18.463	18.499	18.37	20.3	401	19.094	19.505	19.521	20.1
384	18.457	18.499	18.369	21.8	408	19.062	19.477	19.494	22.6
401	18.456	18.493	18.365	20.1	425	19.033	19.432	19.455	
408	18.456	18.495	18.372	22.9					
425	18.46	18.494	18.366						

Prise en eau des éprouvettes de soufre par voie humide, 75% HR				Prise en eau des éprouvettes aiguilletées, 75 % HR			
Nombre d'heures	Prise en eau des éprouvettes de soufre par voie humide, 75% HR			Nombre d'heures	Prise en eau des éprouvettes aiguilletées, 75 % HR		
	Éprouvette 1	Éprouvette 2	Éprouvette 3		Éprouvette 1	Éprouvette 2	Éprouvette 3
0	17.91	17.71	17.9	0	19.683	19.368	19.557
17	18.21	18.44	18.69	17	20.239	19.872	20.068
24	18.4	18.76	18.73	24	20.252	19.935	20.158
41	18.45	18.79	18.94	41	20.46	20.151	20.362
48	18.79	19.05	18.97	48	20.426	20.116	20.345
65	19.08	19.22	19.3	65	20.516	20.199	20.418
72	18.97	19.2	19.15	72	20.432	20.128	20.344
89	19.06	19.28	19.22	89	20.56	20.257	20.483
96	19.018	19.243	19.177	96	20.488	20.204	20.433
161	19.139	19.364	19.297	185	20.634	20.321	20.543
168	19.055	19.294	19.228	192	20.553	20.26	20.488
185	19.093	19.34	19.274	209	20.632	20.259	20.416
192	19.023	19.301	19.29	216	20.574	20.214	20.385
209	19.092	19.329	19.265	233	20.572	20.266	20.483
216	19.049	19.288	19.219	240	20.533	20.228	20.451
233	19.08	19.318	19.252	257	20.587	20.28	20.5
240	19.043	19.278	19.192	264	20.535	20.254	20.433
257	19.079	19.318	19.25	329	20.62	20.316	20.535
264	19.049	19.284	19.206	336	20.554	20.252	20.484
329	19.135	19.366	19.299	353	20.624	20.278	20.439
336	19.073	19.311	19.235	360	20.589	20.253	20.439
353	19.107	19.34	19.262	377	20.644	20.294	20.472
360	19.059	19.294	19.222	384	20.559	20.258	20.469
377	19.109	19.342	19.263	401	20.643	20.288	20.455
384	19.07	19.306	19.23	408	20.534	20.228	20.441
401	19.093	19.326	19.253	425	20.582	20.276	20.491
408	19.052	19.29	19.224				
425	19.105	19.335	19.262				

Prise en eau des éprouvettes de feutre par voie humide, 97 % HR			Prise en eau des éprouvettes aiguilletées, 97 % HR		
Nombre d'heures	Éprouvette		Nombre d'heures	Éprouvette	
	1	2		1	2
0	17.92	18.57	0	19.517	19.48
17	19.67	19.8	17	20.871	20.947
24	20.04	19.92	24	21.013	21.103
41	19.87	20.85	41	21.615	21.515
48	20.47	20.92	48	21.596	21.534
65	20.99	21.33	65	21.834	21.752
72	20.9	21.16	72	21.7	21.68
89	21.15	21.32	89	21.972	22.036
96	21.051	21.293	96	21.912	21.934
161	21.573	21.733	185	22.51	22.452
168	21.342	21.532	192	22.359	22.311
185	21.448	21.626	209	22.287	22.264
192	21.314	21.53	216	22.194	22.131
209	21.414	21.604	233	22.256	22.214
216	21.323	21.513	240	22.174	22.128
233	21.345	21.622	257	22.248	22.269
240	21.288	21.465	264	22.155	22.163
257	21.35	21.532	329	22.475	22.396
264	21.287	21.452	336	22.338	22.291
329	21.536	21.824	353	22.323	22.36
336	21.446	21.66	360	21.37	21.319
353	21.467	21.682	377	21.794	21.743
360	21.329	21.572	384	21.795	21.768
377	21.474	21.643	401	21.953	21.992
384	21.375	21.578	408	21.885	21.879
401	21.386	21.651	425	22.079	22.034
408	21.308	21.558			
425	21.417	21.654			

Données des essais de résistance à la rupture par traction.



Analyse technique des fils de couture et des cordelettes

Les fils de couture des morceaux de feutre

Poil de chameau, brun-beige, zS2

Coton, noir, câblé, sS2[S3]

Laine, blanc, zS2

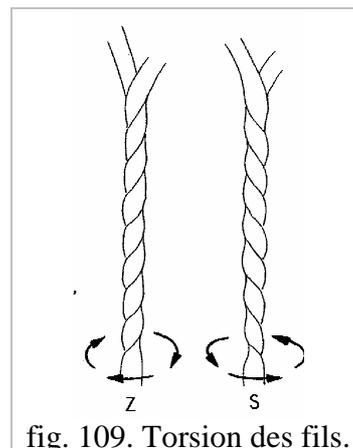


fig. 109. Torsion des fils.

Les fils des piqûres du feutre-mosaïque

Fil de couchure

Laine, blanc, Z

Poil de chameau, brun, zS2

Fil de couture

Poil de chameau, brun, zS2

Coton, noir, câblé, sS2[S3]

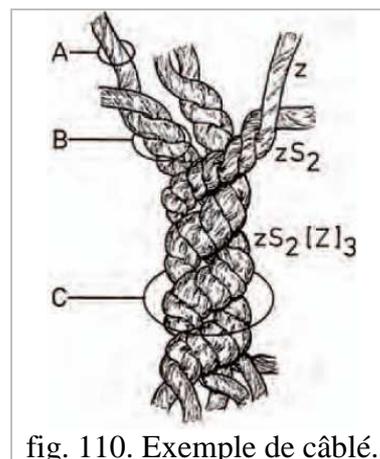


fig. 110. Exemple de câblé.

Les cordelettes de contour

Cordelettes double

Laine, vert, zS2 et sZ2 cousus côte à côte

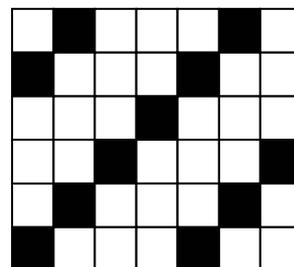
Laine, vert et jaune, zS2 et sZ2 cousus côte à côte

Cordelette simple

Laine, jaune, sZ3

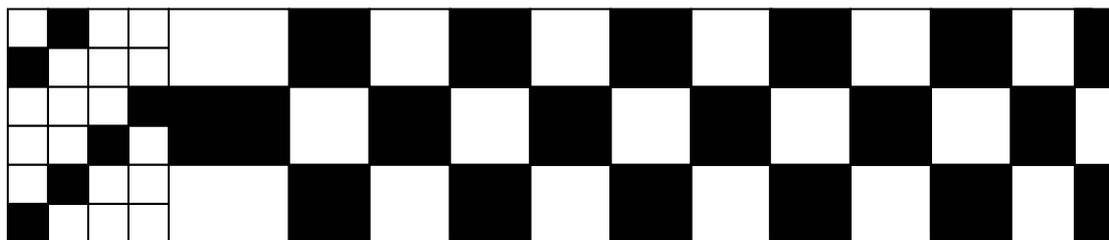
Analyse technique du tissu des appliqués

Matériau : coton teint en rouge.
Technique : sergé 3 lie 1, Z.

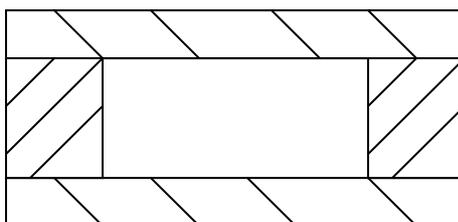


Chaîne : coton, rouge, Z, très tordu, 24 à 25 fils au centimètre.
Trame : coton, rouge, Z, moyennement tordu, 23 à 30 fils au centimètre.

Lisière de 6 millimètres de large, natté (en rouge, sur le schéma du bas).



Le sens du sergé dans le tapis



Rapport d'analyse des colorants, LRMH

Le 4 juin 2010, **COPIE**

Objet : PARIS (79)
Musée du Quai Branly - Tapis de feutre Kazakh
Identification des colorants
Fiche demandeur : N° F210-068

Direction
de l'Archéologie
et du Patrimoine

Culture
Communication

Objet étudié
Tapis de feutre Kazakh de Mongolie, fin XIX^e siècle.
Achat 1968.
N° inventaire du Musée du Quai Branly : 71.7980.45.1, n° inv. INP : 2009-034.

➤ Demande
La demande concernait l'analyse des colorants en vue d'une restauration à l'INP.
5 échantillons de fibres représentant différentes parties du tapis ont été soumis à l'analyse :

- n° 02 : fibres du feutre orange ; fibres de duvet et de poils ;
- n° 03 : fibres de la cordelette double verte ; fibres de duvet et de poils ;
- n° 04 : fibres de la cordelette jaune ; longues, peu ondulées ;
- n° 07 : fil du sergé rouge ; fil dégradé, les fibres sont fines, ondulées ;
- n° 08 : fil de couture noir (câblé) ; le fil est conservé, fibres fines, ondulées.

Leur localisation est présentée sur l'image ci-dessous.



➤ Analyses
L'analyse des colorants a été effectuée par chromatographie en phase liquide à haute performance, couplée à la spectrométrie UV-Vis (CLHP-DBD), selon le protocole standardisé LC-Co/(P51/A31).

➤ Résultats
Les résultats d'analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Échantillon	Emplacement/matière	Identification des colorants	Type de colorant
02 orange	Feutre	Jaune/orange (diphényl)-azoïque	Synthétique
03 vert	Cordelette cache couture feutre	<i>Non identifié</i>	Probablement synthétique
04 jaune	Cordelette cache couture feutre	<i>Non identifié</i>	Probablement synthétique
07 rouge	Sergé de coton (appliqué)	Rouge (phényl-naphtyl)-azoïque ou (dinaphtyl)-azoïque	Synthétique
08 noir	Fil de couture	Jaune/orange (diphényl)-azoïque et vert branylméthane	Synthétiques

Tous les colorants détectés sont d'origine synthétique. Leur identification n'est pas précise et dans la plupart des cas nous n'avons pu déterminer que leur appartenance à une famille chimique. Les colorants des échantillons 03 et 04 restent non identifiés, mais ils n'appartiennent pas aux colorants naturels répertoriés dans notre base de données.
Ces colorants sont certainement postérieurs à la moitié du XIX^e siècle.

W. Nowik
Włod NOWIK
Chimiste, ingénieur de recherche
Pôle Analytique

Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques
20 rue de Paris • 77430 Champs sur Marais • Tél. 01 60 57 77 80 • Fax 01 60 37 77 89 • Mtl : lrmh@culture.fr

Rapport d'analyse des taches, INP

Rapport d'étude Inp-DR-10-30, page 2 sur 5



Figure 1 : Inp2009.034, tapis de feutre kazakh, Mongolie, milieu du XX^e siècle, vue d'ensemble avant restauration.
© Inp / Clotilde G. Yannesté.

L'étude porte sur un tapis typique confectionné par la minorité kazakhe du nord-ouest de la Mongolie. Ils le nomment *symrak*. Il date du milieu du XX^e siècle. Les tapis de feutre *symrak* se caractérisent par une composition des décors remarquables dans l'usage du positif-négatif.

Le laboratoire a été sollicité afin d'identifier la nature de différentes taches présentes sur le tapis et provenant probablement de l'usage de celui-ci.

1. PRELEVEMENTS

La liste des prélèvements, référencés 09-AT-034/01 à 09-AT-034/03 et le type d'analyse réalisé sur chacun d'eux sont répertoriés dans le tableau 1 ci-après. Leur localisation est indiquée dans une planche hors-texte (Planche I).

Tableau 1 : Inp2009.034, tapis de feutre kazakh : références des prélèvements et récapitulatif des demandes d'analyses.

Référence	Localisation Description	Demande Méthodes analytiques
09-AT-034/01	Sur le feutre brun, ↓ 8 cm depuis le bord supérieur. → 90 cm depuis le bord latéral gauche. Au milieu du troisième motif complet en feutre (depuis le bord supérieur latéral gauche) Matériau blanchâtre d'aspect cireux.	Identification du matériau. Recherche de cires et polysaccharides. CPGD/IF + CPG/SM
09-AT-034/02	Sur le feutre brun, ↓ 7 cm depuis le bord supérieur. → 89 cm depuis le bord latéral gauche. Au niveau du troisième motif complet en feutre (depuis le bord supérieur latéral gauche) Matériau brun noir	Identification du matériau. Recherche de protéines, polysaccharides et huiles. CPGD/IF + CPG/SM

Tableau 1 (suite) : Inp2009-034, tapis de feutre kazakh : références des prélèvements et récapitulatif des demandes d'analyses.

Référence	Localisation Description	Demande Méthodes analytiques
09-AT-034/03	Sur un motif en coton, deuxième « corne » depuis le bord latéral droit. 19 cm depuis le bord supérieur, → 40,5 cm depuis le bord latéral droit	Identification du matériel. Recherche de protéines, polysaccharides et huiles. CPG/DIF + CPG/SM
Méthodes analytiques : CPG/DIF = chromatographie en phase gazeuse munie d'un détecteur à ionisation de flamme ; CPG/SM = chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.		

2. METHODES ANALYTIQUES ET CONDITIONS OPERATOIRES

Les échantillons 09-AT-034/01 et une partie de l'échantillon 09-AT-034/03 ont été traités par méthanolyse (chlorure d'acétyle / méthanol, 1/25 v/v, 80°C / 24 h) et silylation (Sylon™ HTP, 80°C / 1 h) afin d'y rechercher l'éventuelle présence de cires ou de composés polysaccharidiques. Les échantillons dérivatisés ont été caractérisés par chromatographie en phase gazeuse munie d'un détecteur à ionisation de flamme (CPG/DIF) puis chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/SM).

La seconde partie de l'échantillon 09-AT-034/03 a été soumise à une hydrolyse acide (acide chlorhydrique, 6 M) pendant 24 heures à 110°C, neutralisée puis dérivée au chloroformate d'éthyle afin de mettre en évidence d'éventuels composés protéiques.

L'échantillon 09-AT-034/02 a subi une extraction aqueuse pendant une heure aux ultrasons. La solution obtenue a ensuite été filtrée à l'aide d'un filtre seringue en PTFE afin d'éliminer toute fibre désolidarisée du prélèvement. Le filtrat obtenu a été scindé en deux fractions qui ont été évaporées à sec afin d'y appliquer deux protocoles différents.

Une fraction a été traitée par méthanolyse (chlorure d'acétyle / méthanol, 1/25 v/v, 80°C / 24 h) et silylation (Sylon™ HTP, 80°C / 1 h) afin d'y rechercher l'éventuelle présence de composés polysaccharidiques. Par ailleurs, les traitements de méthanolyse et silylation ont également été réalisés sur l'échantillon 09-AT-034/02 lui-même après extraction aqueuse afin de caractériser la matière organique hydrophobe.

La seconde fraction a été soumise à une hydrolyse acide (acide chlorhydrique, 6 M) pendant 24 heures à 110°C, neutralisée puis dérivée au chloroformate d'éthyle afin de mettre en évidence d'éventuels composés protéiques.

Les échantillons dérivatisés ont été caractérisés par les techniques chromatographiques décrites ci-dessus.

2.1. conditions analytiques

Colonne Varian Factor Four VF-5 ms, 15 m x 0,15 mm x 0,15 µm

Débit d'hélium constant : 1 ml.min⁻¹

Mode d'injection : splitless, vol. 1µL

Température injecteur : 300 °C

Programmation de température du four CPG :

Temp. (C)	Rampe (C.min ⁻¹)	Temps (min)
50	-	0,5
100	45	1,0
300	30	10

CPG/DIF : marque Perichrom, modèle PR2100, détecteur à 310°C, flamme H₂/air 1/10, gain 12 mA.

CPG/SM : marque Varian, modèle CPG 3800 couplé avec SM satum 2000, mode d'ionisation par impact électronique (IE) sous 70 eV, système dispersif de type piège à ions. Températures : piège à ions à 200°C, manifold à 50°C et ligne de transfert à 300°C. L'acquisition est réalisée en mode *full scan* avec un balayage en masse compris entre 40 et 650 unita.

2.2. Fournisseurs

Produit	Fournisseur	Référence
Acide chlorhydrique	Merck	1.00317.100
Chloroformate d'éthyle, rectapur	Prolabo	23925
Chlorure d'acétyle, normapur	Prolabo	20689.295
Filtre seringue PTFE (diamètre 4 mm, porosité 0,2 µm)	Varian	A4103
Hexane, chromatium	Prolabo	24.575.260
Méthanol, HPLC/MS chromatium	Prolabo	20.834.291
Sylon™ HTP	Sigma-Aldrich	33039

3. RESULTATS

3.1. 09-AT-034/01 : matériel d'aspect cireux blanchâtre

L'étude réalisée sur le prélèvement 09-AT-034/01 n'a pas mis en évidence la présence de cires mais celle de saccharides. L'unique présence du monosaccharide glucose laisse supposer qu'il s'agit d'amidon. Un test réalisé à l'aide d'une solution iodo-iodurée (lugol) s'est avéré négatif, le glucose provient donc d'une autre source saccharidique.

3.2. 09-AT-034/02 : matériel brun noir

L'étude réalisée sur l'extrait aqueux du prélèvement 09-AT-034/02 a mis en évidence la présence de saccharides. L'unique présence du monosaccharide glucose peut suggérer la présence d'amidon. Un test réalisé à l'aide d'une solution iodo-iodurée (lugol) s'est révélé négatif, le glucose provient donc d'une autre source saccharidique.

Par ailleurs, il a été mis en évidence, à l'état de trace, la présence d'acides aminés, éléments constitutifs des protéines. Compte tenu de la très faible quantité d'acides aminés détectés, il n'a pas été possible de mesurer le rapport alanine/glycine et par conséquent de déterminer la famille de protéines.

L'étude réalisée sur le prélèvement 09-AT-034/02 lui-même a mis en évidence la présence importante de glucose et celle d'hydrocarbures saturés comportant une longueur de chaîne carbonée variant de 23 à 32 atomes. La présence de ces hydrocarbures lourds suggère la présence d'un matériel de type paraffine.

3.3. 09-AT-034/03 : matériau d'aspect farineux blanchâtre

L'étude réalisée sur le prélèvement 09-AT-034/03 a mis en évidence la présence de saccharides, à savoir le glucose et le galactose. Le glucose y est très largement majoritaire et ne suggère pas la présence de lactose (disaccharide formé de glucose et galactose). Un test réalisé à l'aide d'une solution iodo-iodurée (Iugol) permettant de mettre en évidence la présence d'amidon s'est révélé négatif. Le glucose doit donc provenir d'une autre source saccharidique.

Par ailleurs, il a été mis en évidence, en faible quantité, la présence d'acides aminés, éléments constitutifs des protéines. Le rapport des acides aminés alanine/glycine inférieur à 1 (0,6) laisse supposer qu'il s'agit d'une protéine collagénique (gélatine).

3.4. Discussion

La tache constituée du matériau blanchâtre d'aspect cireux (09-AT-034/01) est de l'amidon.

La tache constituée du matériau brun noir (09-AT-034/02) est essentiellement composée de glucose dont la provenance ne peut être précisée et d'une plus faible proportion d'un matériau de type paraffine.

La tache constituée du matériau d'aspect farineux blanchâtre (09-AT-034/03) est essentiellement composée de glucose. Il n'a cependant pas été possible d'en déterminer la provenance.

Etude et rédaction : Gaëlle-Françoise Jeannot

PLANCHE I
Vue d'ensemble du tapis de fouille kazakh, avant restauration
LOCALISATION DES PRELEVEMENTS



©Inp / cliché G. Vanneste



09-AT-034/01, détail
©Inp / cliché G. Vanneste



09-AT-034/02, détail
©Inp / cliché G. Vanneste



09-AT-034/03, détail
©Inp / cliché G. Vanneste

Liste du matériel utilisé pour la restauration et fournisseurs

Laine Thône-et-Marthod. Filature Arpin, 73700, Seez Saint Bernard. Tel : 04 79 07 28 79.

Laine Karakul et laine corse. A.T.E.L.I.E.R., Filature de Chantemerle, 05330 Saint-Chaffrey. Tel : 04 92 25 71 88.

Natte. IKEA.

Ethafoam®. Stouls conservation, catalogue 2010, p.39.

Fil d'organsin deux bouts. Membri Industrie Tessili s.r.l., via Molinara, 16 -25031 Capriolo, Italie. Tel : 0039 030 74 60 510. E-mail : info@silkgroup.eu.

Colorants synthétiques, IRGALANE et SOLOPHENYL. Huntsman, M. Nancy Roedts ou M. Karine Bollaert, YDS Chemicals Comm. VA, Meersstraat 166, 9070 Heusden, Belgique. Tel : +32 9 210 48 60. E-mail : nancy@yds-chemicals.be ou karine@yds-chemicals.be.

Crêpeline de soie en grande largeur. Maison Sfate et Combier, 8 chemin du stade, 38730 Doisson, Tel : 04 74 92 20 52.

Mélinex®. Stouls conservation, catalogue 2010, p.38.

Micro-aspirateur, MUNTZ 555 HEPA,. Stouls conservation, catalogue 2010, p.98.

Fil de coton câblé, Chaîne. O. Boisson et Cie, 181 rue Saint Denis, 75002 Paris. Tel : 01 45 08 02 61.

Film de polyéthylène extrudé. RAJA, catalogue de mars 2010, p.205.

Jersey tubulaire de coton, 25 cm de large. Neut, 9 rue Léopold Bellan. Tel : 01 42 33 83 46.

	Schweiss alkalisch Perspiration alcaline Sueur alcaline			Wasser Water Eau		
	CO ₂ + CO ₂ +	CO ₂ + ALBAFKECO	CO ₂ + ALBAFKE	CO ₂ +	CO ₂ + ALBAFKECO	CO ₂ + ALBAFKE
■	3B 3-3	3-4B 3	3-4B 3	4 1	3-5	3-5
■	5 4	5 5	5 5	5 1-2	5 5	5 5
■	5 3-4	5 3	5 3	4-5 1-2	5 5	5 5
■	4 1-2	5 3	5 3	5 1-2	5 4	5 5
■	5 2-3	5 3	5 3	4-5 1-2	5 5	5 5
■	4 1-2	4-5 3	5 3	4 1-2	4-5 5	5 5
■	4 3	4-5 3	5 3	4 2-3	4-5 5	5 5
■	5 2-3	5 3	5 3	5 2	5 5	5 5
■	5 1	5 3	5 3	5 1	5 5	5 5
■	4-5 4	5 4-5	5 4-5	5 2-3	5 5	5 5
■	4-5 4	5 4-5	5 4-5	5 2-3	5 5	5 5

	Ätzbarkeit Dischargeability Rongéabilité		40°C Wäsche A15 Washing A15 Lavage A15		60°C Wäsche C25 Washing C25 Lavage C25	
	Alkalisch alkaline Alcaline	Alkalisch alkaline Alcaline	CO ₂ + ALBAFKECO	CO ₂ + ALBAFKE	CO ₂ + ALBAFKE	CO ₂ + ALBAFKE
■	3-4	3	4 1	4-5 4	4 2-3	5 4
■	5	4	4 1	5 4	4-5 3	5 4
■	5	3-4	4 1-2	5 2-4	4-5 3	5 3-4
■	1-2	2	2-3 1	5 1-2	3-4 2-3	4-5 2-3
■	3-4	3-4	4 1-2	5 3-4R	4 3-4	5 4-5
■	3	3	2-3 2	4-5 3	3-4 3	4-5 4
■	4	3	4G 2	4-5 4-5	4G 3	4-5 4-5
■	3	3	4 1-2	5 4-5	4-5 3-4	5 4-5
■	3	3	3 1	4-5 2-3	4 2	5 3-4R
■	4-5	4	4 1	5 3	4-5 2-3	5 4-5
■	4-5	4	4 1	5 3	4-5 2-3	5 4-5

	Cu-Komplex Cu-complex Complexe de Cu	Eignung /-Bad-Alfrit, Saeud /-hoeln proc. Aptitude proc. bain	Einfuss IV Influence of IV Influence de l'IFB	Egelisier- vermögen Leveling properties Pouvoir d'égalisation		Autocatalytische Wirkung Ingrin of epulament	Substratgruppen Sub addition group Addition de sel (groupes)
				98 °C 208 °F	130 °C 266 °F		
■	ja yes out	100 100 85	■	■	94	1	
■	nein no non	105 100 90	■	■	98	1	
■	nein no non	100 100 96	■	■	98	1	
■	nein no non	102 100 95	□	□	74	1	
■	ja yes out	100 100 100	□	□	96	1	
■	ja yes out	110 100 92	□	□	87	2	
■	nein no non	100 100 97	■	■	93	1	
■	ja yes out	100 100 98	□	■	96	1	
■	ja yes out	100 100 95	□	■	93	1	
■	nein no non	103 100 98	■	■	86	1	
■	nein no non	100 100 98	■	■	86	1	

	Kunststoff Antistat Lumière antistatila	Xenonlicht PSD Lampen zu action (X)	Löslichkeit (g/l) Solubility (g/l) Solubilité (g/l)	SOLOPHENYL		
				CI Direct	%	
■	RD	4-5 6	40 15 5	Viorett Violet Violet	4BLE 250%	1.0
■	G	4 5-6	60 60 40	Bl 71 Blau Bleu	GL 250%	0.9
■	D	4 6	50 50 50	Bl 85 Blau Bleu	FGLE 220%	1.0
■	D	3-4 5	40 40 40	Bl 311 Blau Bleu	BFF	2.2
■	RD	5 6-7	50 40 40	Bl 94 Blau Bleu	TLE	1.9
■	GG	5-6 6-7	40 30 30	Bl 190 Turquoise Turquoise	BRLE 400%	1.1
■	YY	4 6	45 30 30	Gr 28 Grün Vert	BLE 155%	1.1
■	R	4-5 6	30 20 20	Bk 62 Grau Gray	4GLE 300%	1.0
■	RD	5 6-7	50 40 40	Bl mix Navy Marine	BLE 250%	3.1
■	G	B/L 4	20 20 10	Bk 22 Schwarz Black	FDE 600%	2.6
■	G	B/L 4	30 15 15	Bk 22 Schwarz Black	FR	2.0

Fiche technique du colorant 1 : 2 complexe métallique LANACRON N (IRGALANE), Huntsman

LANACRON N					
WO	PA		%		Löslichkeit 100°C Solubility 200°C
			WO	PA	
		Gelb N-2GL Yellow N-2GL	1.1	1.25	100
		Gelb N-GR1 Yellow N-GR1	0.9	1.0	40
		Gelb N-3RL Yellow N-3RL	0.9	0.9	100
		Orange N-RL Orange N-RL	1.0	1.1	50
		Rot N-2GL Red N-2GL	1.4	1.7	30
		Bordeaux N-EL Bordeaux N-EL	1.2	1.25	30
		Blaü N-3GL Blue N-3GL	1.2	1.4	50
		Grau N-GLN Gray N-GLN	1.1	1	80

Kerndichte Kerndamp	Wasche 60°C Washing 60°C	Schwems, alk. Rinsing/water, alk.	Spezielle Einsatzgebiete Special uses		
			Autoclavier Autoclaving (alk.)	Tropfdruck Overprinting	Druck Printing
1/3 1/1	0 0 0	0 0 0			
5 6	5 4 4-5	5 3-4 4			
6-7 7	4-5 2-3 5	5 4-5 5	■	■	
6-7 7	4-5 2 4-5	4-5 5 5	■	■	
6 6-7	5 3 5	4-5 5 5			
5-6 6	4-5 2-3 4	4-5 3-4 4			
6 7	4 1-2 4	4 4 4-5	■	■	
5-6 6	4-5 2 5	5 4-5 4-5	■	■	
6-7 6-7	4-5 3 5	4-5 5 5	■	■	

■ = gray white controlled
■ = background gray white controlled under certain circumstances

WO								
Kerndichte Kerndamp	1/12 1/1	Wasche 60°C Washing 60°C						
		Ch WO OO						
	6 6-7	4 4 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	4
	7	4 4 5	4-5 5 5	4-5 5 5	4-5 5 5	4-5 5 5	4-5 5 5	4
	7 7-6	4 4 5	4-5 5 5	4-5 5 5	4-5 5 5	4-5 5 5	4-5 5 5	4
	6 6-7	4 4 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	4-5
	5-6 6	4 4-5 4-5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	4-5
	7	4 4 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	4-5
	6 6-7	4 4-5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	4
	7	4-5 4 5	4-5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	4-5

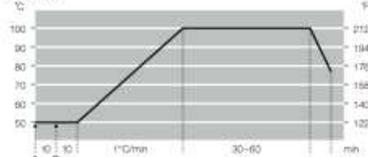
WO								
Kerndichte Kerndamp	1/12 1/1	Diester, schwach Dyeing, weak	Wässr. alk. (sauer) Alding, alk. (sauer)	Schwems, alk. Rinsing/water, alk.	Heißwasche 70°C Hot water, 70°C	Wasche 60°C B2 Washing, 60°C B2	Wasche 60°C Washing, 60°C	Kerndichte Kerndamp
		Ch WO OO	Ch WO OO	Ch WO OO	Ch WO OO	Ch WO OO	Ch WO OO	1/12 1/1
	4-5 5	4 4-5 5	4-5 5 5	4-5 5 5	4-5 5 5	4-5 5 5	4 5 5	6 6-7
	4-5	3-4 2-3 5	4-5 4-5 5	4-5 4-5 5	4-5 4-5 5	4-5 4-5 5	4 4 5	5 5-6
	4-5	4-5 4 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	4-5 4 5	5 7-8
	4	5 3 5	5 4-5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 3-4 5	5 6-7
	4-5	4-5 4 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 7-8
	4-5	4-5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 7-8
	4-5	4-5 2-3 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 7

Wool

LANACRON N, LANACRON S and ERONYL M dyes

Characteristics	Benefits
Good leveling and penetration	• Suitable for different stages of processing
Good coverage of affinity differences	• Suitable for different types of wool
High exhaustion	• Good transfer from laboratory recipes to bulk production
	• Good reproducibility
	• Less effluent pollution
High wet fastness	• Dependability in processing
Standard dyeing procedure	• Simple processing, thus dependability in production

Procedure



Recipe	Ingredients
A	0.5 - 1.5 % ALBARFLOW CR
	0.3 - 1 % ALBEGAL A
	if nec. 5 - 10 % Glauber's salt anhyd. (except with black dyes)
	0.5 - 2 % acetic acid 80%
	pH 5-6
B	x % dye

Notes

Leveling

On materials with physical differences of affinity, good fibre and surface levelling can be obtained by using leveling agent ALBEGAL[®] A, which has affinity for the dye. Excessive amounts, however, can markedly retard dye uptake. For good reproducibility, the amount added should always be the same.

De-aerating/wetting out

Tightly packed goods in particular are rapidly de-aerated and wetted out if ALBARFLOW[®] CR is added to the dyebath first.

Wool

Wool care

The addition of 1-2 g/l MIRALAN[®] Q improves wool quality at all stages of processing in respect of setting, felting and crease prevention.

Moth and beetle proofing in the dyebath

MITIN[®] FF h.c. and MITIN[®] FF liq. give wool durable protection against attack by clothes moth, fur moth and carpet beetle larvae. The effects are fast to washing and light. Both products can be applied in the dyebath together with the dyes, provided not more than the indicated amount of ALBEGAL A is used.

Amount required

1 - 1.5 % MITIN FF h.c.
or
2.5 - 3 % MITIN FF liq.

Finishing/souring off

On completion of dyeing, the goods should be soured off. This is best done by adding 2-3% formic acid 80% to the final rinse bath and has the effect of:

- preventing the growth of microorganisms on prolonged storage of goods in the wet state
- improving the spinnability of wool loose stock and slubbing, and the handle of the finished goods.
- enhancing the fastness to hot water of medium and deep shade dyeings.

Correcting faulty dyeings

Shade weakening

Dyeings that have turned out too deep or uneven can be weakened and leveled in a fresh bath.

2 - 4 % TINEGAL W
5 - 10 % Glauber's salt anhyd.

pH about 6 with acetic acid 80%
30-60 min at 95-98°C, rinse

To remove TINEGAL W residues and improve rubbing fastness before re-dyeing, the goods should be treated with:

2 % INVAGOL[®] DAM

10 min at 30-40°C, rinse

Redye in a fresh bath.

Stripping

Partially possible by reduction treatment with a hydrosulphite preparation in a bath set with formic acid. Preliminary trials are recommended.

Explanatory notes on the pattern section

Patterns

Wool

The patterns shown are wool serge dyed by the recommended method at liquor ratio 20:1.

Polyamide

The patterns shown are polyamide 6.6 textured tricot fabric dyed at liquor ratio 20:1.

Fastness properties

Fastness properties were tested in accordance with ISO 105 and international standards. Light fastness ratings were determined at the standard depths indicated.

All other fastness properties were assessed

- on wool at 1/1 standard depth (SD) or light navy (NL) and light black (BL).
- on polyamide (without aftertreatment) at 2/1 standard depth or light navy (NL) and dark black (BK).

The letters over the columns in the fastness tables denote the following:

- Ch = shade change
- WO = staining of wool
- PA = staining of polyamide 6.6
- CO = staining of cotton
- CV = staining of viscose

HUNTSMAN

Enriching lives through innovation

Region Europe

Huntsman Textile Effects (Germany) GmbH
Rohranger Straße 1
89100 Langweira, Lech, Germany
Telephone +49 8330 41-0
Fax +49 8330 41-370
info@huntsman.com

Region Americas

Huntsman International LLC
Lexile Circle
4000 Pioneer Drive
High Point, NC 27265, USA
Telephone +1 833 822 1736
Fax +1 336 801 2828
info@huntsman.com

Region Asia

Huntsman (Singapore) Ltd
Tanjong Pagar
Tanjong Pagar Industrial Park
211447, 700 China
Telephone +65 20 8484 5100
Fax +65 20 8484 5222
info@huntsman.com

HUNT

HUNT is a registered trademark of Huntsman International LLC. All other trademarks are the property of their respective owners.

DISCLAIMER: The following information is provided for informational purposes only. It is not intended to constitute an offer or a recommendation to buy or sell any product or service. The information is provided for informational purposes only and should not be used as a basis for investment decisions.

Huntsman International LLC is a registered trademark of Huntsman International LLC. All other trademarks are the property of their respective owners. Huntsman International LLC is not responsible for any damage or loss resulting from the use of the information provided herein. The information is provided for informational purposes only and should not be used as a basis for investment decisions.

Huntsman International LLC is a registered trademark of Huntsman International LLC. All other trademarks are the property of their respective owners. Huntsman International LLC is not responsible for any damage or loss resulting from the use of the information provided herein. The information is provided for informational purposes only and should not be used as a basis for investment decisions.

Huntsman International LLC is a registered trademark of Huntsman International LLC. All other trademarks are the property of their respective owners. Huntsman International LLC is not responsible for any damage or loss resulting from the use of the information provided herein. The information is provided for informational purposes only and should not be used as a basis for investment decisions.

www.huntsman.com/textile_effects

Huntsman International LLC is a registered trademark of Huntsman International LLC. All other trademarks are the property of their respective owners. Huntsman International LLC is not responsible for any damage or loss resulting from the use of the information provided herein. The information is provided for informational purposes only and should not be used as a basis for investment decisions.

© 2010 Huntsman International LLC. All rights reserved.

Glossaire

Aiguille à feutrer : est une aiguille dont l'extrémité pointue, munie de crochets appelés barbes. Elle permet l'aiguilletage des non-tissés aiguilletés.

Aiguilletage : est une technique textile mettant en jeu des fibres textiles, qu'elles soient naturelles, artificielles ou synthétiques, et le mouvement de va-et-vient des aiguilles à feutrer. Celles-ci permettent d'entraîner certaines fibres dans la masse de fibres textiles travaillées, et ainsi, former une masse de fibres textiles enchevêtrées de manière irréversible. Cet enchevêtrement procède exclusivement de l'action mécanique du mouvement des aiguilles à feutrer.

Feutrage : est la première étape du processus de feutrage par voie humide. Il correspond à la formation de crochets aux extrémités des fibres animales et à l'enchevêtrement des fibres animales qui s'en suit.

Feutrage par voie humide : est une technique textile mettant en jeu des fibres textiles animales uniquement, de l'humidité, de la chaleur et des mouvements de compression-extension. Lors du feutrage, les fibres animales vont bouger préférentiellement dans une direction car leur surface en écaille rend la direction contre-écaille difficile. Les extrémités, bloquer par les fibres animales voisines, forment alors de crochets dans lesquels d'autres fibres viennent s'insérer. Cet enchevêtrement est irréversible car les écailles de la surface jouent le rôle d'hameçon. Les nombreuses propriétés chimiques, physiques et mécaniques de la fibre animale jouent un rôle essentiel dans le processus de feutrage. Encore aujourd'hui, ce procédé n'est pas totalement élucidé.

Feutre : est le produit du feutrage par voie humide de poil animal. La laine de mouton est la fibre textile la plus utilisée dans le monde pour la confection du feutre. Il s'agit généralement d'une nappe de fibres animales enchevêtrées de manière irréversible. La surface est lisse et douce au toucher. Des mèches entières de laine sont encore visibles.

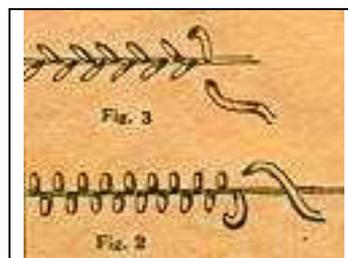
Foulonnage : est la seconde étape de travail du processus de feutrage par voie humide des fibres animales. Les fibres animales se rétractent sous l'effet des mouvements de compression-extension. Le retrait de la masse de fibres animales correspond à

l'enchevêtrement de plus en plus intime des fibres animales entre elles ainsi qu'au resserrement des ondulations.

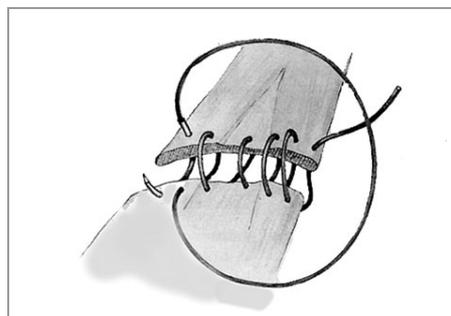
Non-tissé aiguilleté : est le produit de l'aiguilletage de fibres textiles. Le non-tissé aiguilleté de laine de mouton peut se présenter sous toutes les formes, en deux ou en trois dimensions. La surface est rugueuse et de nombreuses fibres, entraînées par les aiguilles à feutrer forment des boucles en relief.

Syrmak : est un tapis de feutre kazakh. Ces tapis sont confectionnés à partir de deux nappes de feutre, l'une formant la face et la seconde formant le revers. Le décor de la face est composé de motifs géométriques en un jeu de positif-négatif aux couleurs contrastées. Un réseau complexe de coutures suit les motifs, les souligne et permet de maintenir les deux nappes de feutre ensemble.

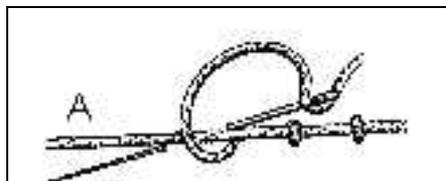
Point d'arête :



Point de surjet :



Point de restauration ou point de Boulogne :



Bibliographie

Partie historique

- AHRENS, B.. “US felter in Kyrgyzstan”. *Echoes, the Journal of the International Feltmakers Association*, vol.78, n°1, 2005, pp. 8-9.
- BATCHULUUN, L.. *Felt Art of the Mongols*. Translated by Eric Thift. Ulan Bator, 2003.
- BAUM, M., BOYELDIEU, C.. *Le dictionnaire des textiles*. Paris, Les Éditions de l’Industrie Textile, 2003. 670 p.
- BERGER, P., BARTHOLOMEW, T.T.. *Mongolia, the legacy of Chinggis Khan*, Catalogue d'exposition itinérante “Mongolia, the legacy of Chinggis Khan”, Thames & Hudson, Asian Art Museum, New-York, San Francisco, 1995. 340 p.
- BIDDER, H. et I.. *Filzteppiche : ihre Geschichte und Eigenart; ein Handbuch für Sammler und Liebhaber*. Braunschweig, Klinkhardt et Biermann, THIELE Peter (éd), 1980. 172 p.
- BUJACK, B.. *Filz, was ist das ? Die theoretischen Grundlagen der Herstellung und Gestaltung von handgewalktem Wollfilz*. Düsseldorf, édition à compte d’auteur, 2006. 196 p.
- BUNN S., MARTENS, C.. “A tale of two tents, tent hangings of the kyrgyz and the kazakh”. *Hali*, n° 158, 2008, Londres, pp. 76-83.
- BURKETT, M.E. “An early date for the origin of felt”. *Anatolian Studies*, vol 27, British Institute of Ankara, 1977, pp. 111-115.
- BURKETT, M.E.. *The art of the felt maker*, catalogue d'exposition itinérante, Abbot Hall Gallery, Titus Wilson and Son (éd), Kendal, 1979. 111 p.
- CARRUTHERS, D.. *Unknown Mongolia*, 2 vol, Londres, 1913. 692 p.
- CHABROS, K.. “Der Gebrauch der Applikationentechnik bei der Danke-Herstellung”. *Die Mongolen*. Munich, HESSIG W., MULLER C. (éds), 1989, pp. 184-187.
- CHABROS, K.. “Quilted Ornamentation on Mongol Felts”, *Central Asiatic Journal*, vol 32, n°1, 1988, Wiesbaden, pp. 34-60.
- CHOISNARD, L.. *Réduction de l'aptitude au feutrage des fibres de laine par traitements oxydatifs et protéolytique de surface*, Thèse de doctorat sous la direction de GUILLOCHON, D., Université des sciences et technologies de Lille, Lille, 2000. 133 p.
- DUPAIGNE, B., KLING, K., *Asie nomade*. Collection Maisons du monde, Hazan, Paris, 2000, 152 p.
- EICHEBERGER FUHRER, C.A., FREY NÄF, B., GLOOR, V., LANG M., SCHWEIGER, A.. *Filz*, Museum der Kulturen, Bâle, Swabe AG, LANG, M. (éds), 2007. 71 p.

- EMELYANENKO, T.. “Yurt interior. Wall and floor felts curtains”. *Music for the Eyes : textile from the peoples of Central Asia*. Anvers, Hessenbuis, DUBOV D., L., I. (éd), 1997, pp. 91-103.
- FARKAS, O.. “The Kazakh Syrmak : Quilting, Mosaic and Appliqué Techniques Applied on Felt”. *Echoes, the Journal of the International Feltmakers Association*, n°39, numéro Asie, 1995, pp. 12-13.
- FINKE, P.. “Le pastoralisme dans l’ouest de la Mongolie : contraintes, motivations et variations”. *Cahiers d’Asie centrale*, numéro 11/12, Les Montagnards d’Asie centrale, 2004, pp. 245-265.
- FINKE, P.. “Nomaden im Transformationprozess : Kasachen in der post-sozialistischen Mongolei”. *Kölner ethnologische Studien*, vol 29, Lit (éd), Münster, 2005. 374 p.
- GANGLER, P.. “Das Erbe der Steppenvölker – Zentralasiatische Filzteppiche”. LANG, M., *Filzkunst : Tradition und Experiment*, avec EICHENBERGER, C., Berne, Haupt (éd), 2001, pp. 87-97.
- GENSE, G.. *Les tapis de feutre Kazakhs et turcomongols : technologie et usages*. Maîtrise d’ethnologie sous la direction de GOKALP, A., Université de Nanterre-Paris X, Nanterre, 1994. 160 p.
- HARVEY, J.. *Traditional textiles of Central Asia*. Londres, Thames et Hudson (éd), 2002. 160 p.
- HEISSIG, MÜLLER, W., C.C. (éds). *Die Mongolen*. Vol 1, 2, Munich, Innsbruck, Francfort sur le Main, Pinguin, 1989. 279 et 225 p.
- JAMES FLUX, A.. “Heartfelt volunteer designer, Mongolia”. *Echoes, the Journal of the International Feltmakers Association*, n° 86, mars 2007, pp. 13-15.
- JETTMAR, K.. *Art of the steppes*. New-York, Cromn Publishers (éd), 1967. 277 p.
- KANCEDIKAS, A.S., CERKASOVA, N.V., RAZINA, T.M.. “L’art populaire Kirghize”. *Les arts traditionnels en Union Soviétique*, Paris, Chêne (éd), 1990. 459 p.
- KANCEDIKAS, A.S., CERKASOVA, N.V., RAZINA, T.M.. “L’art populaire Kazakh”. *Les arts traditionnels en Union Soviétique*, Paris, Chêne (éd), 1990. 459 p.
- KELLER, R.. *Feutre : fibre art et technique*. Langres, D. Guéniot (éd), 1988. 32 p.
- KOCESKOV, N.V.. *Narodnoe iskusstvo mongolov, Kul'tura narodov Vostoka : materialy i issledovaniâ*. Moscou, Nauka (éd), 1973. 146 p.
- LANG, M. ; EICHENBERGER, C.. *Filzkunst : Tradition und Experiment*. Berne, Haupt (éd), 2001. 223 p.

- LAUFER, B.. “The early history of felt”. *American Anthropologist*, vol 32, n°1, janvier-mars 1930, pp. 1-18.
- MAKSIMO, V.A.. *Kyrgyz ojmolory = Kirgizskij uzor = The Kirghiz pattern*. Kyrghizistan, Frunze (éd), 1986. 206 p.
- MCCLEAN, L.. “The conservation of a bicorn hat of the Museum of Scotland”. *SSCR journal : the quarterly news magazine of the Scottish Society for Conservation and Restoration*, vol 7, n°4, 1996, pp. 20-21.
- PAETAU SJOBERG, G.. *Filzen : alte Tradition, modernes handwerk*. Berne, Haupt (éd), 1995. 216 p.
- PORTISCH, A.. Courriels des 23 et 29 octobre 2009.
- PORTISCH, A.. “Ressentir et apprendre l’esthétique d’une yourte kazakh”. Dans le cadre de la Journée d’étude Perceptions esthétiques en contexte mongol, *IESR*, sur reseau-asie.com, Paris, 2007, pp. 1-13.
- PORTISCH, A.. “The craft of skillfull learning : kazakh women’s everyday craft practices in Western Mongolia”. *The Journal of the Royal Anthropological Institute*, Making knowledge, Londres, MARCHAND T. (éd), H., J., 2010.
- POP, R., EVEN, M-D., *Histoire secrète des Mongols. Chronique mongole du XIII^e siècle*. Gallimard, Paris, 1994, 350 pages.
- RONA-TAS, A., 1961, “Notes on the kazak yurt of west Mongolia”, dans *Acta Orientalia Scientiarum Hungariorum*, vol 12, Budapest, pp. 79-103.
- RONA-TAS, A., 1963, “Felt-making in Mongolia”, dans *Acta Orientalia Scientiarum Hungariorum*, vol 16, n°2, Budapest, pp. 199-215.
- ROUNGE, V.. “Handwerkstum bei den Mongolen. Filz, Leder, Holz und ihre Verarbeitung”. *Die Mongolen*. Munich, HESSIG W., MULLER C. (éds), 1989, pp. 173-181.
- RYDER, M.L.. *Sheep and Man*. Londres, Duckworth, 2007 (réédition de 1983), 846 p.
- SZYNKIEWICZ, S.. “Mongolische abgesteppe Filze”. *Die Mongolen*. Munich, HESSIG W., MULLER C. (éds), 1989, pp. 182-183.
- THEVENET, J.. *La Mongolie*. Paris, Karthala (éd), 1999. 172 p.
- TSULTEM, N.. *Dekorativno-prikladnoe iskusstvo mongolii = Mongolian arts and crafts = Arts artisanaux de la Mongolie =Arte decorativo aplicado de Mongolia*. Ulan Bator, Bayarsaikhan, State publication House (éds), 1987. 136 p.
- TSULTEM, N.. *Mongolian architecture = Architecture de Mongolie = la Arquitectura de Mongolia*. Ulan Bator, Bayarsaikhan, State publication House (éd), 1988. 134 p.

TURNAU, I. *Hand felting in Europe and Asia from the Middle Ages to the 20th century*. Varsovie, Institut d'archéologie et d'éthnologie (éd), 1997. 144 p.

Partie technico-scientifique

APPLEYARD, H.M.. *Guide to the identification of animals fibres*. Wool Industries Research Association, Leeds, 1960. 117 p.

BARON, M-H.. “Les dessous de la laine”. *Déshabillez-moi*, n°42, octobre 2008, pp.19-30

BERKALP, B.O.. “Air permeability and porosity in spun-laced fabrics”. *Fibres and textiles in Eastern Europe*, vol 14, n°3 (57), juillet-septembre 2006, pp.81-85.

BOGATY, H., SNOOKNE, A., M., HARRIS, M.. “The felting of wool as related to the elastic and swelling behavior of the fiber”. *Textile Research Journal*, vol 21, n°11, 1951, pp. 822- 826.

CARDAMONE, J.M., BAKER, M.T.. *Historic textiles, papers and polymers in museums*. American Chemical Society, Washington D.C., 2001. 227 p.

CAY, A., VASSILIADIS, S., RANGOUSI, M., TARAKCIOGLU, I.. “On the use of image processing techniques for the estimation of the porosity of textile fabrics”. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, n°2, 2005, pp.76-79.

CHAUDRI, M.A., WHITELEY, K.J.. “The relationships between loose-wool felting and bulk compressional properties”. *Textile research Journal*, vol 40, n°9, 1970, pp. 775-779.

CLAVEL, J., FRAENCKEL, R.. *Chimie de la fabrication des tissus de laine : Filature, tissage, apprêts*. Dunod, Paris, 1934. 228 p.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION. *Histology of wool and hair and the wool follicle*. Proceedings of the International Wool Textile Research Conférence, Australie, 1956. 228 p.

DOBOZY, O.K.. “Cause of wool felting”. *Textile research Journal*, vol 28, n°8, 1958, pp. 717-719.

GALICO, L.. *La Lana*. Vigliano Biellese (Biella, Italie), Eventi e Progetti Editore, 2000. 348 p.

GRALEN, N., OLOFSSON, B.. “Measurement of friction between single fibers”. *Textile Research Journal*, vol 17, n°9, 1947, pp. 488-496.

GUPTA, N.P., AGARWAL, R., PANT, S.. “Factors affecting felting of wool: an overview”. *Journal of the textile Association*, mai-juin 2007, pp.43-45.

- HEARLE, J.W.S., LOMAS, B., COOKE, W.D.. *Atlas of fibre fracture and damage to textiles*. Seconde édition, Textile Institute Cambridge, Woodhead Publishing ltd, Manchester, 1998. 468 p.
- INSTITUT TEXTILE DE FRANCE. *Cirtel : IIIème congrès international de la recherche textile lainière vol 1/4*. Les Éditions de l'industrie textile, Paris, 1965. 472 p.
- INSTITUT TEXTILE DE FRANCE. *Cirtel : IIIème congrès international de la recherche textile lainière vol 2/4*. Les Éditions de l'industrie textile, Paris, 1965. 439 p.
- INSTITUT TEXTILE DE FRANCE. *Cirtel : IIIème congrès international de la recherche textile lainière vol 4/4*. Les Éditions de l'industrie textile, Paris, 1965. 508 p.
- INSTITUT TEXTILE DE FRANCE. *Structure de la laine*. Textes et discussions du colloque de juillet 1961. Les Éditions de l'industrie textile, Paris, 1961. 286 p.
- JORTAY, J.L.. "Action de l'eau sur les fibres textiles". *Chimie des textiles*. Chapitre IV. cours à l'École Supérieure des Textiles de Tournai, n.d., pp. 5-17.
- LINDBERG, J., GRALEN, N.. "Measurement of friction between single fibers part II : Frictional properties of wool fibers. Measurement by the fiber twist method". *Textile Research Journal*, vol 18, n°5, 1948, pp. 287-301.
- LINDBERG, J.. "Measurement of friction between single fibers part III : Influence of different treatments on the frictional properties of wool fibers.". *Textile Research Journal*, vol 18, n°8, 1948, pp. 475-480.
- LINDBERG, J.. "Relationship between various surface properties of wool fibers part II : Frictional properties.". *Textile Research Journal*, vol 23, n°4, 1953, pp. 225-236.
- MIAO, M., GLASSEY, H.E.. "An experimental study of the needled nonwoven process. Part I : Fiber geometry before needle punching". *Textile research Journal*, vol 74, n°4, 2004, pp. 329-332.
- MIAO, M.. "An experimental study of the needled nonwoven process. Part II : Fiber transport by barbed needles". *Textile research Journal*, vol 74, n°5, 2004, pp. 394-398.
- MIAO, M., GLASSEY, H.E., RASTOGI, M.. "An experimental study of the needled nonwoven process. Part III : Fiber damage due to needling". *Textile research Journal*, vol 74, n°6, 2004, pp. 485-490.
- MORTON, W.E., HEARLE, J.W.S.. *Physical properties of textile fibres*. Seconde édition, Heinemann Textile Institute, Londres, 1975. 660 p.
- PRESTON, J.M.. "L'élimination de l'eau des textiles". *Bulletin de l'Institut Textile de France*, vol 30, numéro spécial, janvier 1952, pp. 467-475.

Recueil de normes françaises des textiles. Tome 1, Fibres et fils analyse chimique des textiles, 3^e édition, AFNOR, Paris, 1983. 422 p.

SCHWARTZ, P.. *Structure and mechanics of textile fibre assemblies*. Textile Institute Cambridge, Woodhead publishing ltd Boca Raton, Fa Boston, Mass. New York CRC Press, 2008. 248 p.

SNOOKNE, A., M., BOGATY, H., HARRIS, M.. “Some felting properties of wool of different geographical origins”. *Textile Research Journal*, vol 20, n°9, 1950, pp. 637- 642.

VAN DER VEGT, A.K, SCHURINGA, G.J.. “The influence of applied forces on the felting of wool”. *Textile research Journal*, vol 24, n°2, 1954, pp. 99-108.

WOOL RESEARCH 1918-1948. *Vol 2 : Physical properties of wool fibres and fabrics*. Wool Industries Research Association, Leeds, 1955. 244 p.

WOOL RESEARCH 1918-1948. *Vol 4 : Carding*. Wool Industries Research Association 1948-1955, Leeds, 1955. 234 p.

Partie description, constat d'état, diagnostic et propositions de traitement

AVAHEA, *Étude bibliographique : les substances naturelles insecticides en vue de la valorisation de laines de mouton*. Étude réalisée pour Etoile du Berger, www.etoileduberger.fr. 2000, 28p.

CARDON,, D.. *La draperie au Moyen Age. Essor d'une grande industrie européenne*. CNRS éditions, Paris, 1999. 661 p.

HUDSON, A.. “Hole-istic compensation : needle felted infills for losses in fulled wool”. *Journal of the American Institute for Conservation*, n° 48, 2000, pp.25-36.

KITE, M.. “Ein blaues Filzcape mit hermelinbesetzer Kapuze "vive la France" von "Paquin"”. *Restauro*, vol 98, n°1, janvier, 1992, pp. 46-48.

KRALOVANSZKY, M.. “Problems of the second restoration of two general's atillas (military coats) from 1848-1849”. *Conserving Textiles, studies in honour of Agnes Timar-Balazsy*. ICCROM Conservation Studies, n°7, 2009, pp 97-102.

ROLLAND-VILLEMOT, B.. “Les spécificités de la conservation-restauration des collections ethnographiques”, *La lettre de l'OCIM*, n°56, 1998, pp.15-19.

TIMÀR-BALÀZSY, A., EASTOP, D.. *Chemical principles of textile conservation*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1997. 444 p.

Table des illustrations

- fig. 1. La Mongolie en Asie du Sud-Est. Leclerc©.
- fig. 2. Décor mural, Kourgane n°5, Pazyryk. Rudenko©.
- fig. 3. La fabrication du feutre chez les Mongols.
- fig. 4. Moutons Karakul, Afghanistan. O. Thieme©.
- fig. 5. Étalage de la laine sur la natte de jonc.
- fig. 6. Technique de feutrage et foulonnage d'un rouleau d'une pièce de feutre.
- fig. 7. Foulonnage d'une pièce de feutre à décor d'incrustation.
- fig. 8. Tapis "syrmak". Musée central d'Oulan-Bator, n° inv D-85c-1-64.
- fig. 9. Famille Kazakhe assise sur un "syrmak", Mongolie.
- fig. 10. Différents motifs du champ central des tapis kazakhs. N. Orazbaïeva.
- fig. 11. Schéma en coupe d'un tapis "syrmak". J. Chaupin©.
- fig. 12. Femme kirghize insérant les motifs blancs dans une nappe foncée.
- fig. 13. Couture des différentes nappes de feutre.
- fig. 14. Couture des cordelettes doubles avec des coutures traversant toutes les nappes de feutre.
- fig. 15. Schéma du bulbe inséré dans la peau.
- fig. 16. Représentation simplifiée d'une fibre de laine.
- fig. 17. Deux hélices de kératine α reliées entre elles par des ponts disulfure (en rouge).
- fig. 18. Structure interne de deux écailles superposées.
- fig. 19. Comportement des fibres de laine pendant le feutrage.
- fig. 20. Disposition des écailles à la surface d'une fibre de laine. LRMH/J. Chaupin©.
- fig. 21. Bouclage d'un fragment de cortex.
- fig. 22. Schéma du comportement des fibres de laine pendant l'aiguilletage.
- fig. 23. Structure des aiguilles à feutrer. Groz-Beckert®.
- fig. 24. Échantillonnage par zones.
- fig. 25. Dispositif de mesure et histogramme représentant la répartition des longueurs (abscisse : longueur en cm, ordonnée : nombre de fibres). LRMH/J. Chaupin©.
- fig. 26. Sections en coupe des fibres de la toison et histogramme représentant la répartition des diamètres (abscisse : diamètre en micron, ordonnée : nombre de fibres). LRMH/J. Chaupin©.
- fig. 27. Vue d'une éprouvette feutrée (à gauche) et d'une éprouvette aiguilletée (à droite). INP/J. Chaupin©.
- fig. 28. Disposition des éprouvettes sur la natte de travail. INP/J. Chaupin©.
- fig. 29. Laine et support à aiguilles. INP/J. Chaupin©.
- fig. 30. Vue de la surface du feutre (à gauche) et du non-tissé aiguilleté (à droite). INP/J. Chaupin©.
- fig. 31. Vues et schémas de la section en coupe des éprouvettes. En haut, le comportement des fibres dans le feutre et en bas, leur comportement dans le non-tissé. INP/J. Chaupin©.
- fig. 32. Fibres de la toison (x 800 et 1100). MEB. LRMH/J. Chaupin©.
- fig. 33. Fibres après feutrage par voie humide (x 800 et 370). LRMH/J. Chaupin©.
- fig. 34. Fibres après aiguilletage (x 500 et 450). LRMH/J. Chaupin©.
- fig. 35. Tableau des résultats du calcul de la valeur théorique de la porosité. Les résultats correspondent à la valeur moyenne des dix éprouvettes de chaque série.
- fig. 36. Vue du dispositif. ENSAIT/M. Lewandowski©.
- fig. 37. Tableau des résultats du débit d'air moyen obtenus lors de la perméabilité à l'air.
- fig. 38. Vue du dispositif. LRMH/D. De Reyer©.

- fig. 39. Cinétique d'imprégnation du milieu poreux. LRMH/J-D. Mertz©.
- fig. 40. Tableau des données quantitatives des mesures de la porosimétrie au mercure.
- fig. 41. Distributions comparatives des rayons d'accès aux pores du non-tissé et du feutre. LRMH/J-D. Mertz
- fig. 42. Vue du dispositif. INP/J.Chaupin©.
- fig. 43. Courbes d'adsorption des éprouvettes en feutre et courbe de température. INP/J.Chaupin©.
- fig. 44. Courbes d'adsorption des éprouvettes de non-tissé. et courbe de température.
- fig. 45. Valeurs du taux de sorption et de désorption obtenues.
- fig. 46. Tableau des données des variations dimensionnelles en % par rapport à la dimension initiale.
- fig. 47. Vue du dispositif. ENSAIT/J.Chaupin©.
- fig. 48. Courbes de l'application de la force sur les éprouvettes de feutre (à gauche) et sur les éprouvettes de non-tissé (à droite). ENSAIT/M.Lewandowski©.
- fig. 49. Tableau des données de l'allongement et de la force à la rupture pour le feutre et le non-tissé.
- fig. 50. Vue en coupe des deux nappes de feutre. INP/G.Vanneste©.
- fig. 51. Le tapis vu de face. INP/G.Vanneste©.
- fig. 52. Feutre orange du champ central. INP/G.Vanneste©.
- fig. 53. Couchure sur le feutre orange. INP/G.Vanneste©.
- fig. 54. Détail de l'appliqué de sergé
- fig. 55. Détails des cordelettes et du fil de couture. INP/G.Vanneste©.
- fig. 56. Revers du tapis. INP/G.Vanneste©.
- fig. 57. Emplacement des prélèvements sur le tapis. INP/G.Vanneste©.
- fig. 58. Vue longitudinale du prélèvement 1a LRMH/J.Chaupin©.
- fig. 59. Le coin inférieur droit pose un problème important pour la structure. INP/G.Vanneste©.
- fig. 60. Exuvie d'insecte. INP/G.Vanneste©.
- fig. 61. Décoloration de la cordelette jaune des appliqués. INP/J.Chaupin©.
- fig. 62. Vue d'une tache noire dure. INP/G.Vanneste©
- fig. 63. Relevé des zones avec des taches noires rigides. J.Chaupin©.
- fig. 64. Tache noire diffuse. INP/G.Vanneste©.
- fig. 65. Relevé des zones de taches noires diffuses. J.Chaupin©.
- fig. 66. Tache transparente. INP/J.Chaupin©.
- fig. 67. Tache blanchâtre. INP/J.Chaupin©.
- fig. 68. Couture entre les motifs du champ central décousue. INP/J.Chaupin©.
- fig. 69. Usure et déchirure dans le sergé. INP/G.Vanneste©.
- fig. 70. Relevé des dégradations mécaniques du tissu des appliqués. J.Chaupin©.
- fig. 71. Lacunes de surface du feutre marron INP/G.Vanneste©.
- fig. 72. Lacune du feutre marron où l'on voit la nappe du revers. INP/G.Vanneste©.
- fig. 73. Relevé des lacunes de feutre de la face. J.Chaupin©.
- fig. 74. Lacune traversante où l'on voit le blanc du plateau de support. INP/G.Vanneste©.
- fig. 75. Zone où le sergé est lacunaire. INP/G.Vanneste©.
- fig. 76. Cordelette verte lacunaire du champ central INP/G.Vanneste©.
- fig. 77. Tache rigide sur le feutre du revers INP/J. Chaupin©.
- fig. 78. Lacune du feutre du revers, on voit le feutre orange de la face. INP/G.Vanneste©.
- fig. 79. Lacune de surface d'un feutre du revers. INP/J. Chaupin©.
- fig. 80. Relevé des lacunes de feutre du revers et des différents morceaux de feutre constituant la nappe. J.Chaupin©.
- fig. 81. Fibre de laine avec les signes d'une attaque de mite. Institut Rivetti©.

- fig. 82. Les points de couture sont invisibles car ils sont travaillés dans l'épaisseur du tissu. Vue du dessus de l'incrustation.
- fig. 83. Incrustation par aiguilletage de laine teinte dans la lacune de l'objet.
- fig. 84. Dépoussiérage avec embout classique INP/G.Vanneste©.
- fig. 85. Dépoussiérage avec l'embout spécial. INP/G.Vanneste©.
- fig. 86. Les étapes de la fabrication de la pièce de support en crêpeline de gauche à droite, de haut en bas : une empreinte en Melinex® est dessinée, les bords de la crêpeline sont mouillés, puis ils sont "moulés" sur la forme en Melinex®, posée dessus, à l'envers. Enfin, la pièce est laissée sous poids pour séchage. INP/J.Chaupin©.
- fig. 87. Disposition des points de restauration. INP/G.Vanneste©.
- fig. 88. Les étapes de la restauration des usures de gauche à droite et de haut en bas : la lacune avant traitement ; le support de crêpeline avant insertion ; la préparation de la couture ; la lacune après la restauration. INP/J.Chaupin©.
- fig. 89. Déchirure avant et après intervention. INP/G.Vanneste©.
- fig. 90. Cordelette double du champ central avant et après consolidation. INP/J.Chaupin©.
- fig. 91. Couture d'assemblage du revers avant et après intervention. INP/ J.Chaupin et G.Vanneste©.
- fig. 92. Feutre orange de la face attaqué par les mites, avant intervention à plat et montrant le soulèvement. Après intervention, sur le rouleau prévu pour son conditionnement. INP/J.Chaupin, G.Vanneste©.
- fig. 93. Exemple d'une mèche avant, pendant et après intervention. INP/J.Chaupin©.
- fig. 94. Vue des deux faces de la lacune découpée dans la pièce de feutre. INP/J.Chaupin©.
- fig. 95. Vue des deux couches de laine et de la pièce. INP/J.Chaupin©.
- fig. 96. Fils de coton traversant les différents éléments de feutre. INP/J.Chaupin©.
- fig. 97. L'incrustation est en place et les fils sont insérés dans le feutre sain. INP/J.Chaupin©.
- fig. 98. Présentation des matériaux nécessaires pour feutrer la pièce de feutre. Travail de feutrage. Vue de la couche de laine corse pendant le travail de feutrage. INP/J.Chaupin©.
- fig. 99. Pièce de feutre avec la découpe du comblement. Pièce de comblement du coin inférieur droit après réajustement ; face et revers. INP/J.Chaupin©.
- fig. 100. Incrustations avec les fils de coton câblés passés dans l'épaisseur du feutre. INP/J.Chaupin©.
- fig. 101. Couture de l'incrustation dans le tapis. Face et revers. INP/J.Chaupin©.
- fig. 102. Pièces de crêpeline teinte cousue sur le revers du coin inférieur gauche et au centre de la bordure droite. INP/G.Vanneste©.
- fig. 103. Lacune du feutre du coin inférieur droit avant restauration. Après intervention, face et revers. INP/G.Vanneste©.
- fig. 104. Vue de la face du tapis avant restauration (en haut) et après restauration (en bas). INP/G.Vanneste©.
- fig. 105. Vue du revers du tapis avant restauration (en haut) et après restauration (en bas). INP/G.Vanneste©.
- fig. 106. Vitrine prévue pour l'exposition des tapis de feutre. Musée du quai Branly/J.Chaupin©
- fig. 107. Confection du rouleau. INP/J.Chaupin©.
- fig. 108. Désignation et définition des aiguilles à feutrer. Groz-Beckert®.
- fig. 109. Torsion des fils.
- fig. 110. Exemple de câblé.

Résumé :

L'objet de cette étude est un tapis de feutre « syrmak » appartenant au musée du quai Branly, à Paris. Le « syrmak » est une production de la minorité kazakhe du nord-ouest de la Mongolie. Après une étude technique et ethnographique, nous avons pu reconstituer les différentes étapes de la confection de ces tapis. Le décor se compose de motifs géométriques formant un jeu de positif-négatif aux couleurs contrastées.

L'étude technico-expérimentale s'est attachée à donner les bases théoriques du feutrage par voie humide et de l'aiguilletage. Les expérimentations menées dans le cadre de ce mémoire doivent être approfondies pour que le comportement du feutre et du non-tissé aiguilleté soit appréhendé, au mieux, dans le cadre muséal.

La conservation-restauration de cet objet ethnographique a permis d'en conserver les traces d'usage (taches, usures, déchirures), témoignage essentiel de sa vie ethnographique. La restauration des lacunes de feutre dans l'épaisseur fait l'objet d'un chapitre spécifique. Les lacunes sont comblées par l'ajout d'une incrustation de feutre confectionnée à l'atelier. Celle-ci est alors cousue dans l'épaisseur du feutre original. Cette méthode est totalement réversible et très stable : le tapis a retrouvé son unité structurelle et peut être exposé sans risque.

Summary:

The subject of this study is a felt « syrmak » rug belonging to the quai Branly Museum in Paris. « Syrmak » is a production of the Kazakh minority in the North West of Mongolia. Following a technical and ethnological study, the different stages of the making of this rug were reconstituted. The decoration is composed of geometrical motives of a positive-negative pattern in contrasting colours.

The technical-experimental study is concerned with the theoretical bases of felting by damp method and by needling. The experiments undertaken within the framework of this study could be taken into more depth to give a better understanding of the reactions of felted fibers in the context of museum research.

The conservation and restoration of this ethnological object has retained the trace of its use (stains, wear and tearing), which bear essential witness to its ethnographical life. The restoration of damage within the thickness of the felt is referred to in a specific chapter. The missing thickness is filled with incrustated felt segments made in the restoration workshop. These segments are stitched in place in the original felt. This method is entirely reversible and very stable: the structural coherence of the rug has been re-established and it can be exhibited without risk.