

Des études systématiques effectuées notamment par Ward et ses collaborateurs à Leeds ont démontré que les polyéthylènes de masses molaires d'environ 100 kg / mole peuvent être étirés efficacement à l'état solide jusqu'à des rapports d'étirement de plus de 20, soit proches de la valeur maximale calculée pour cette longueur de chaîne. Fait plus important encore, les auteurs en ont conclu que la rigidité finale des polyéthylènes étirés était dictée uniquement par le rapport d'étirement absolu, et non par la masse moléculaire, et que le rapport d'étirement maximal des polyéthylènes linéaires cristallisés à partir du polymère fondu diminue quand la masse molaire augmente.

Ce comportement est contradictoire avec notre analyse antérieure des chaînes isolées. La cause de cette diminution du rapport d'étirement maximal en fonction de l'augmentation de la longueur de la chaîne de polyéthylène fondu, puis cristallisé, réside dans l'augmentation linéaire du nombre d'enchevêtrements («nœuds moléculaires») par molécule. Ces enchevêtrements de chaînes agissent comme des points de friction et bloquent la déformation.

Des techniques pour contourner ces limites ont été mises au point à la fin des années 1970 chez la Société DSM, aux Pays-Bas. On découvrit alors que les gels de polyéthylène à ultra-haute masse moléculaire (supérieur à 1 000 000 kg / kmole) obtenus par cristallisation à partir de solutions semi-diluées, où les molécules de polymère sont pour la plupart désenchevêtrées, s'allongent facilement jusqu'à des rapports d'étirement 25 fois supérieurs à ceux du même polymère cristallisé à partir de la masse fondue, dans des conditions expérimentales par ailleurs identiques.

Les rapports d'étirement extraordinairement élevés du PE UHPM cristallisé en solution s'accompagnent d'augmentations marquées de la rigidité et de la résistance à la traction. L'utilisation de masses moléculaires encore supérieures, associée à une optimisation des concentrations des solutions de polymère initial, amène une résistance à la traction encore plus élevée. Les rapports d'étirement très élevés modifient la forme et la structure de la chaîne, et améliorent les propriétés mécaniques, ce qu'ont montré les photographies au microscope électronique à balayage et

les diagrammes de diffraction X. Le bon alignement exceptionnel des chaînes de polyéthylène, mis en évidence par les rayons X contraste avec l'orientation obtenue avec des matières à l'état de cristaux liquides.

Le procédé décrit ci-dessus, couramment appelé filage en gel, a été commercialisé par DSM / TOYOBO et ALLIEDSIGNAL. Les fibres disponibles sur le marché ont en général une résistance à la rupture de 4 à 5 gigapascals et un module de 100 à 150 gigapascals. L'inconvénient majeur de ces matières est leur faible température maximale d'utilisation (environ 130 °C), plus basse que celle des aramides ; en revanche, les fibres de polyéthylène résistent mieux que les aramides à l'abrasion et aux chocs.

Le procédé et les éléments examinés ici ne concernent pas exclusivement le polyéthylène. Le filage à l'état de gel a également été appliqué avec un certain succès au poly(vinylalcool) et au polypropylène, même si l'on a obtenu des caractéristiques mécaniques moins spectaculaires (pour le polypropylène, en raison d'une rigidité intrinsèque plus faible du polymère due dans sa conformation cristalline hélicoïdale).

Autres développements

Outre la recherche de nouvelles fibres de performances accrues, d'importants efforts visent à développer des fibres et des textiles plurifonctionnels, c'est-à-dire possédant des propriétés et des fonctionnalités additionnelles. Parmi ces développements, citons la réalisation remarquable, notamment par les producteurs de fibres japonais, de la fabrication de filaments «sub-deniers» par exemple en polyester, de diamètres inférieurs à environ trois micromètres. Les textiles constitués de ces fibres exceptionnelles (*Shin-gosen*) présentent, selon leur structure, la qualité *high touch* (l'apparence et le toucher du cuir ou de la suédine) et peuvent être nettoyés avec une extrême facilité. Un exemple typique, bien que quelque peu exotique, de fibres plurifonctionnelles sont les fibres caméléons, qui changent de couleur avec la température ou la lumière. D'autres fibres ayant des propriétés additionnelles spéciales sont les fibres biorésorbables (par exemple, à base d'acide lactique), utilisées en chirurgie et les fibres optiques utilisées dans les

télécommunications. Chacune de ces fibres doit avoir, pour être fonctionnelle, un ensemble de caractéristiques extrêmement contraignantes. Pour les premières, les conditions préalables sont la biocompatibilité et la dégradation contrôlée dans le corps humain, en plus de propriétés mécaniques appropriées, tandis que les secondes doivent présenter une pureté absolue et un profil spécifique d'indices de réfraction.

Parmi les autres nouveaux développements, encore balbutiants, figure celui de fibres de polymères conducteurs (par exemple, la polyaniline) et plus généralement des fibres de semi-conducteurs. Outre les applications évidentes en électronique, de telles fibres permettront des utilisations nouvelles où l'élasticité et la remarquable transformabilité de nombreux polymères s'ajouteront à la fonctionnalité opto-électronique.

Que reste-t-il à trouver ?

Que reste-t-il à faire ou à inventer ? Par certains aspects, cette question (quelque peu rhétorique) est déjà résolue. Établissons une liste de ce que l'homme n'a pas pu obtenir jusqu'à présent : (1) conférer aux fibres le confort exceptionnel qu'offrent les fibres de coton, ainsi que d'autres fibres naturelles ; (2) produire des filaments polymériques possédant la propriété de résistance à la compression des fibres de verre ; (3) imiter le processus de formation de la soie, dans lequel un polymère hautement résistant est produit dans les conditions ambiantes à partir de l'eau.

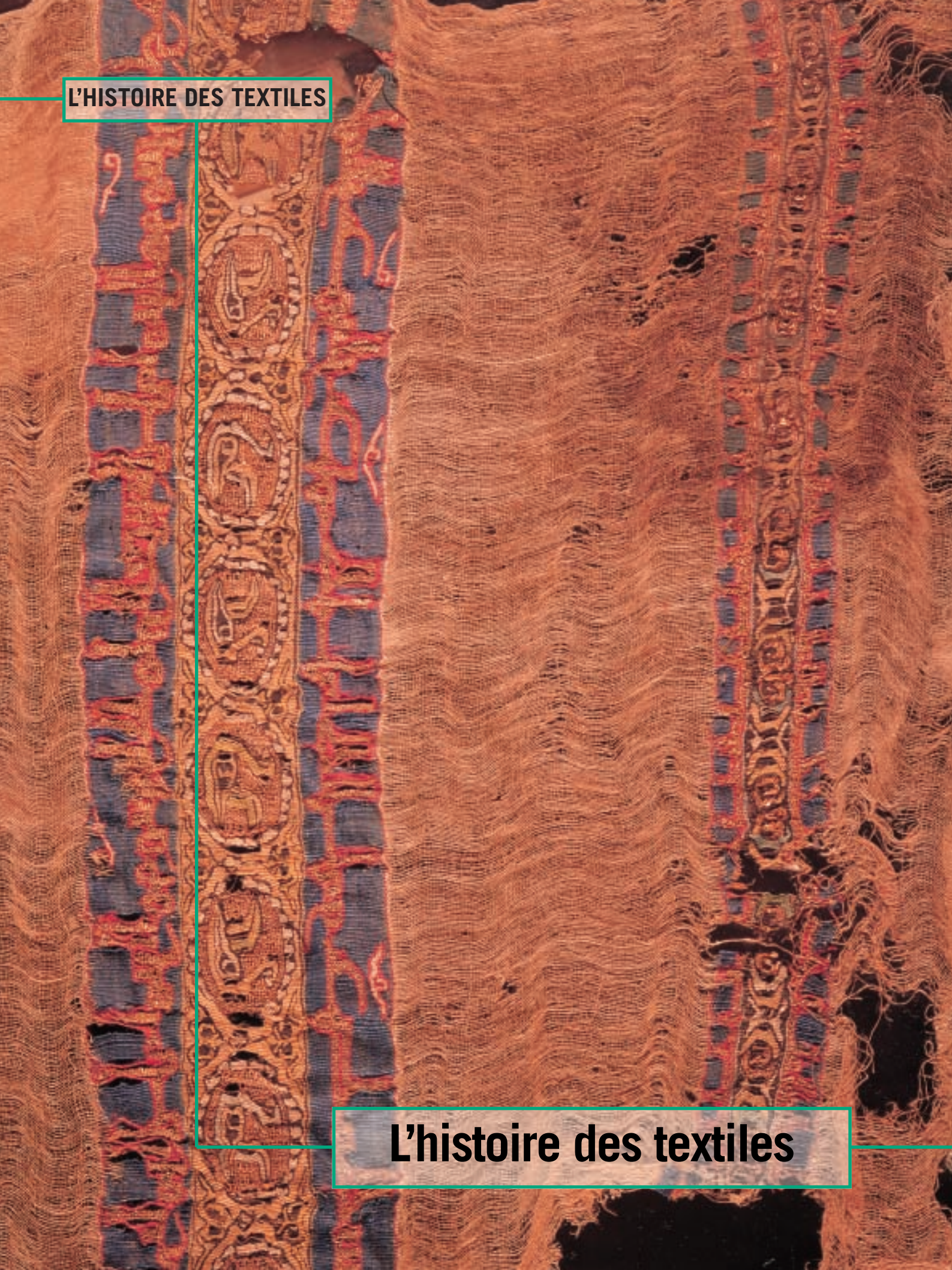
Les efforts visant à résoudre les problèmes qui subsistent devraient se révéler non seulement gratifiants sur le plan intellectuel, mais également d'une grande valeur sociale.

Theo TERVOORT et Paul SMITH sont professeurs dans le Département Matériaux-Polymères de l'École polytechnique fédérale de Zurich.

W.E. MORTON et J.W.S. HEARLE, *Physical Properties of Textile Fibers*, The Textile Institute, Manchester, 1993.

Advanced Fiber Spinning Technology, Woodhead, Cambridge, 1994.

T. HONGU et Glyn O. PHILLIPS, *New Fibers*, deuxième édition, Woodhead, Cambridge, 1997.



L'HISTOIRE DES TEXTILES

L'histoire des textiles

Les textiles des princes celtes

CHRISTOPHE MOULHERAT

Les textiles découverts dans les sépultures aristocratiques de l'Europe celtique révèlent le haut degré technique atteint par les Celtes au cours du premier âge du fer.

Le début du premier millénaire avant notre ère, du VIII^e au V^e siècle, est une période clé de l'histoire des textiles : au cours de ce premier âge du fer, encore nommé période de Hallstatt (du nom d'une vaste nécropole autrichienne), le traditionnel métier à tisser vertical à deux barres (*voir la figure 3*), hérité du Néolithique et de l'âge du bronze, est remplacé par le métier vertical à quatre barres. C'est aussi à cette époque qu'apparaît le métier à tablettes. Avec ces nouveaux outils, les tisserands fabriquent des étoffes complexes, où le jeu des couleurs, les nouvelles techniques de tissage et l'utilisation de fibres variées produisent des motifs harmonieux dont on ne retrouvera l'équivalent que sous l'Empire romain.

Ces bouleversements dans le domaine des textiles correspondent aux changements sociaux, politiques et culturels des sociétés d'Europe celtique (*voir la figure 2*). Ce territoire, occupé par les Celtes du premier âge du fer, s'étend alors du Nord de l'Allemagne au Nord de la Suisse et du Massif central à la Bohême. L'aristocratie qui apparaît doit sa prospérité aux contrôles des voies de communication. Elle s'implante sur des sites en hauteur, fortifiés, sur des axes de commerce, telles les vallées du Danube, du Rhin et du Rhône. Elle se fait inhumer dans des tombes fastueuses, avec un mobilier de bronze, des bijoux en or, les premiers objets en fer et de nombreux vestiges textiles.

De la fin de l'âge du bronze à la fin du premier âge du fer (du IX^e au V^e siècle avant notre ère), les pratiques funéraires aristocratiques se transforment : du IX^e au VII^e siècle, les défunts sont enterrés avec une épée de bronze ou de fer ; au VI^e siècle, les tombes contiennent de la vaisselle métallique, des parures en or

et un char à quatre roues ; au V^e siècle, ces tombes à inhumation cèdent la place à des sépultures à incinération en urne de bronze. Parfois, ces pratiques coexistent, au cours des périodes de transition. Ces changements sont représentatifs des différentes formes de pouvoir, symbolisées dans la tombe par une combinaison d'objets distincts.

Du fait de leur nature organique, les textiles de ces tombes ont été souvent décomposés. On n'en retrouve des traces que lorsqu'ils se sont conservés grâce à des conditions particulières, comme dans les tombes des princes celtes. Les vestiges de textiles sont minéralisés en raison du contact étroit avec un objet métallique qui se corrode ; le matériau organique est alors soit imprégné, soit recouvert de sels produits lors de la corrosion. Cette minéralisation des textiles par des sels métalliques est une opportunité extraordinaire pour la recherche archéologique, notamment pour la recherche sur l'environnement et les animaux de l'âge du fer.

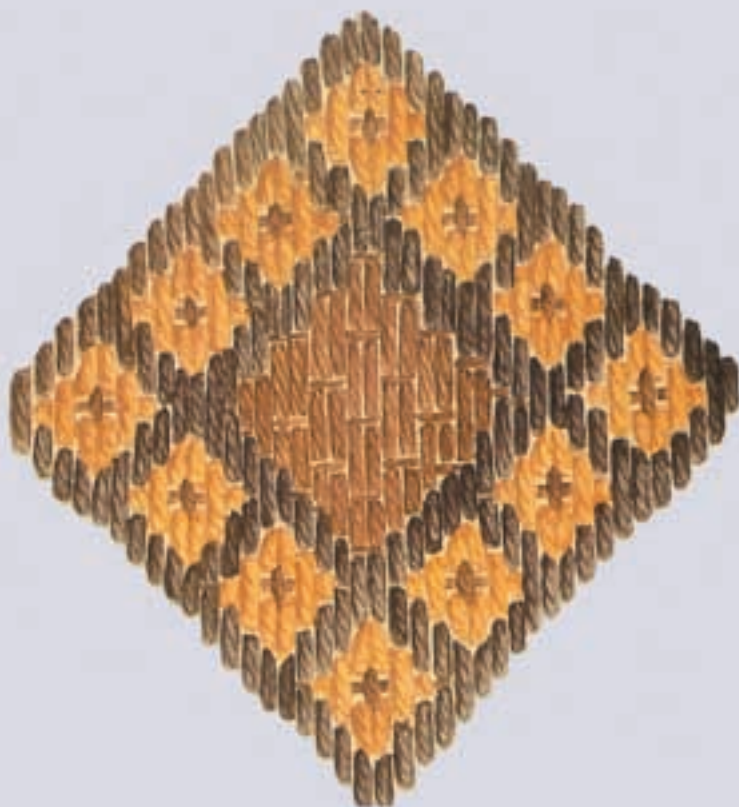
On a déjà beaucoup étudié les tissus minéralisés, mais, jusqu'à ces dernières années, on ne savait pas identifier avec certitude les fibres textiles. La méthode d'analyse mise au point au Centre de recherche et de restauration des musées de France, à Paris (*voir l'encadré de la page 40*), permet aujourd'hui d'identifier la nature végétale ou animale des fibres, quel que soit leur état de conservation. On détermine ainsi les conditions d'obtention des fibres et les propriétés qui ont motivé leur choix : qualités techniques (facilité de filage, pouvoir hydrophobe, etc.), économiques (facilité d'approvisionnement, produits de luxe destinés aux échanges...), et aussi culturelles (préférence pour tels matériaux, dédain pour d'autres...).

L'analyse d'un ensemble textile de tombes aristocratiques du centre et de l'Est de la Gaule, enrichie d'exemples pris dans les régions limitrophes, révèle les permanences et les évolutions des tissus en Europe celtique sur près de cinq siècles. Ces vestiges de textiles recouvrent les objets des sépultures des princes celtes : d'abord des épées, puis des chars et, enfin, des urnes. Ils nous renseignent sur les pratiques funéraires, les techniques de tissage, ainsi que sur la nature des fibres utilisées.

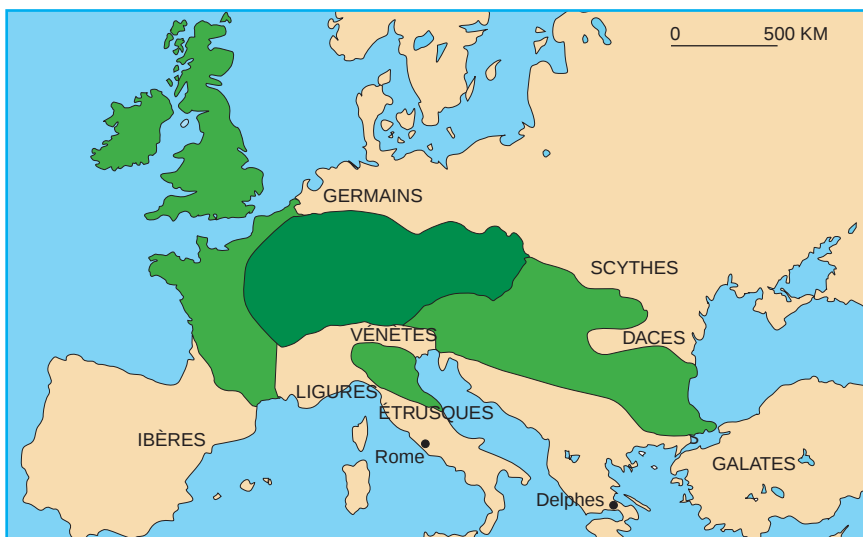
Des épées enveloppées de tissus

À partir du IX^e siècle avant notre ère, de nombreux tertres sont érigés, de la Bohême au centre de la France actuelle. Leur hauteur est généralement inférieure à 1,5 mètre et leur diamètre à 20 mètres. Le mobilier funéraire, c'est-à-dire l'ensemble des objets que contient une tombe, est principalement constitué d'une épée, d'abord de bronze puis de fer, symbole du statut exceptionnel du défunt. Les épées font l'objet d'un traitement particulier où le textile tient une place prépondérante : la plupart conservent sur la lame les restes d'un ou de plusieurs tissus minéralisés. Les autres objets métalliques (rasoir, éléments de harnachement) sont rarement associés à des vestiges organiques.

Le tissu a-t-il été utilisé comme élément de fourreau ? Plusieurs épées de la fin de l'âge du bronze (à Saint-Romain-de-Jalionas, dans l'Isère, ou à Chavéria, dans le Jura) et du début du premier âge du fer (à Soucia, dans le Jura, et à Bastheim, en Bavière) ont été disposées entre deux planchettes de bois, maintenues par une étoffe fixée avec un résidu noir. Dans certains cas, comme celui d'Hossingen (Bade-Wurtemberg),



1. TISSUS CELTES ANCIENS reconstitués, datant du premier âge du fer, dont les vestiges ont été découverts dans la tombe d'un prince, à Hochdorf en Allemagne. Ces tissus décoraient la chambre mortuaire et emballaient les objets précieux avec lesquels était enterré le défunt. Le tissu de gauche a été réalisé au métier à tablettes (une technique qui apparaît au premier âge du fer et permet de produire des tissus élaborés), tandis que le motif de svastikas (croix à branches coudées) sur le tissu en haut à droite, est fait avec la technique de la navette volante (également une nouvelle technique de l'âge du fer) ; à droite, en bas, le losange est l'un des motifs géométriques décoratif que les Celtes affectionnaient à cette époque.



2. L'EUROPE CELTIQUE : territoire originel des Celtes au premier âge du fer (en vert foncé) ; principale zone d'expansion des Celtes au second âge du fer (en vert clair).

le tissu est remplacé par du cuir. Est-ce un fourreau ou bien une simple protection de la lame ? À partir du VII^e siècle avant notre ère, une bande de tissu de cinq à dix centimètres de large enveloppe la lame ; différents tissus peuvent être superposés, comme à Appenwihr (Haut-Rhin). Ces tissus sont une simple protection, car le fourreau est parfois posé à proximité de l'épée, comme sur les sites de Clayeures et de Haroué, en Lorraine. Au total, on sait aujourd'hui quel usage des planchettes maintenues par un tissu est remplacé par celui de l'enveloppement par une bande d'étoffe.

L'analyse des tissus conservés sur ces épées montre que l'apparition de nouveaux systèmes d'entrelacement des fils de chaîne et des fils de trame ont été employés. Ces systèmes, ou armures de tissage, ne peuvent être obtenus qu'avec des métiers élaborés à quatre barres (voir la figure 3). À partir du IX^e siècle avant notre ère, c'est grâce à cette évolution du métier que les armures de tissage se diversifient. L'armure principale est le sergé : le décalage des fils de chaînes au-dessus ou au-dessous desquels passe la trame engendre des côtes obliques (voir la figure 6). On obtient des sergés de types différents en fonction de ce décalage. Par exemple, pour un sergé de 2/2, la trame passe au-dessus de deux fils consécutifs, puis au-dessous des deux suivants, avec un décalage d'un fil à chaque passage de la trame. Le sergé sert de base à d'autres armures dérivées, tels le chevron et le losange, qui apparaissent au même moment. La

qualité et la variété des sergés laissent supposer que des tentatives de réalisation de ces armures ont eu lieu dès la période précédente, dont peu d'éléments nous sont parvenus. Ainsi, une étoffe en sergé avec motifs de losanges, de la fin du II^e millénaire ou du début du I^{er} avant notre ère, a été découverte à Gerumsberg, dans le Sud de la Suède. L'empreinte d'une armure sergé de l'extrême fin du second millénaire a été découverte dans la grotte des Fraux, en Dordogne.

Malgré l'apparition de nouvelles armures, la plupart des tissus observés sur les épées sont des toiles, c'est-à-dire les plus simples armures qui soient, où les fils de chaîne alternent au-dessus et au-dessous de la trame (voir la figure 6). Elles sont régulières ou à dominante trame, c'est-à-dire que les fils de trame, tassés, recouvrent les fils de chaîne. Dans toute l'Europe celtique, ces armures sont d'une finesse étonnante et d'une grande solidité.

Grâce à l'identification des fibres, on sait aujourd'hui quand les tisserands ont commencé à utiliser la laine en Gaule. Au premier âge du fer, les Celtes sélectionnent les moutons pour leur toison. La «toison moyennement crineuse» et la «toison de finesse moyenne» sont les plus fréquentes. Elles apparaissent dès la fin de l'âge du bronze et ont été observées au Danemark et dans le Nord de l'Allemagne. La première a des poils qui ont perdu de leur rudesse et se transforment en laine, ainsi qu'une sous-couche laineuse qui s'épaissit. Une réduction supplémentaire du diamètre

des poils, accompagnée d'une augmentation du diamètre des fibres de la sous-couche laineuse, marque l'évolution vers la deuxième toison.

De nombreuses variétés de fibres d'origine végétale comme le lin, le chanvre et l'ortie sont utilisées. Le lin est la matière première la plus courante. Son exploitation remonte au néolithique. Les fibres d'ortie sont plus rares dans les tissus. Les plus anciens exemples datent du VIII^e siècle avant notre ère et ont été découverts dans la sépulture de Bohøj, au Danemark, et dans celle de Pierrefitte-sur-Sauldre, dans le Loir-et-Cher. Enfin, plusieurs tissus mélangent des matériaux différents. Sur l'épée de Pierrefitte-sur-Sauldre, certaines toiles sont composées de fibres de lin et d'ortie.

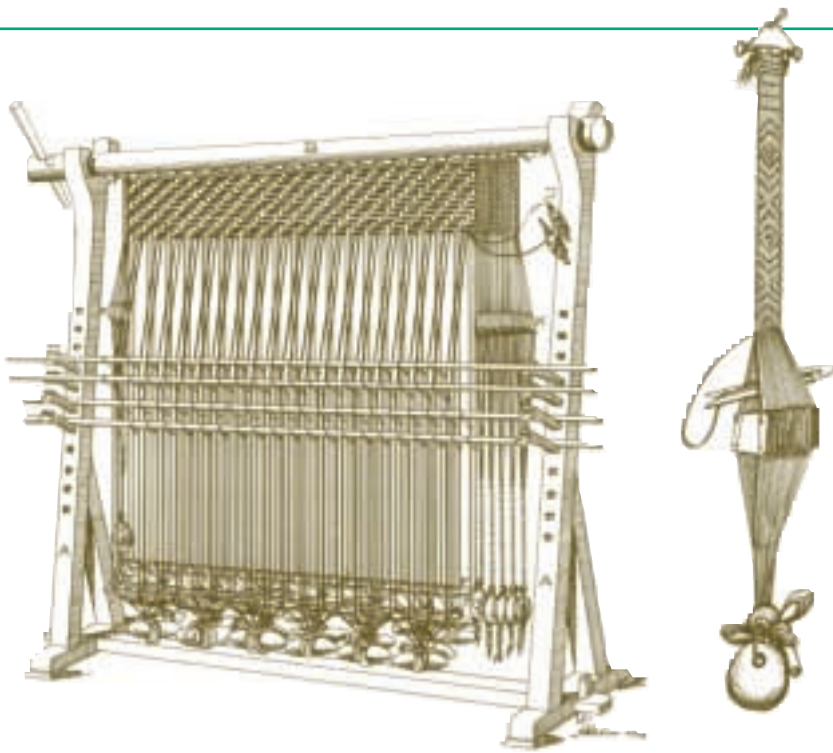
L'usage de textiles associés aux épées, apparu au début du IX^e siècle avant notre ère, se perpétue tout au long du premier âge du fer. À partir du VI^e siècle avant notre ère, quelques cas isolés de poignards comportent des traces de tissus, comme à Larçon (Côte-d'Or) et témoignent de pratiques semblables. Au début du second âge du fer, l'épée en fer de Rascheid (Allemagne du Sud) rappelle les pratiques des périodes précédentes.

L'emballage des épées par du tissu est indissociable des pratiques funéraires aristocratiques du premier âge du fer et se retrouve dans tous les types de sépultures d'Europe celtique.

Les textiles des tombes à char

À la fin du VIII^e siècle avant notre ère, les tombes à char succèdent aux tombes à épée. Comme les sépultures précédentes, elles sont disposées à proximité d'un site en hauteur, le long d'axes d'échanges. Elles s'en distinguent, cependant, par un tertre plus large et plus haut, à l'intérieur duquel se trouve une chambre mortuaire de planches et de rondins de bois. Un char à quatre roues, de la vaisselle de bronze parfois importée d'Italie et de la parure annuelle en or (bagues, boucles d'oreilles, torques) constituent l'essentiel du mobilier, auquel s'ajoutent de nombreuses pièces de tissu.

En 1978, la découverte de la sépulture exceptionnellement bien conservée de Hochdorf, dans le Bade-Wurtemberg, en Allemagne du Sud, a permis d'apprécier l'éventail des



Karl Schlögl

réalisations textiles au cours du VI^e siècle avant notre ère. La chambre mortuaire comporte un trésor textile inestimable : il renseigne non seulement sur l'utilisation des tissus, mais aussi sur leur fonction dans les pratiques funéraires. Le mort repose sur un matelas d'herbes ; il est recouvert de plusieurs lin-couls très fins, dont l'un a une bordure rouge vif. L'assise et le dossier de la banquette en bronze sont cachés par de nombreux tissus. Des étoffes richement décorées de motifs tissés et brodés sont posées sur un chaudron. D'après une nouvelle étude de Johanna Banck-Burgess, de l'Institut de préhistoire et de protohistoire de Freiburg, le mort et l'ensemble des objets de la tombe, y compris le char et les offrandes, sont enveloppés d'étoffes fines. Divers rideaux avec bordures décorent les murs de la chambre.



Textilmuseum Neulster

3. MÉTIERS À TISSER à deux barres (*en bas*), à quatre barres (*en haut à gauche*) et aux tablettes (*en haut à droite*), apparus au premier âge du fer et qui permettent de réaliser des tissus complexes. Le principe du métier à quatre barres est le même que celui du métier à deux barres, hérité de la période précédente : chaque fil de chaîne est relié à l'une des barres ; en la tirant vers l'avant, on décale

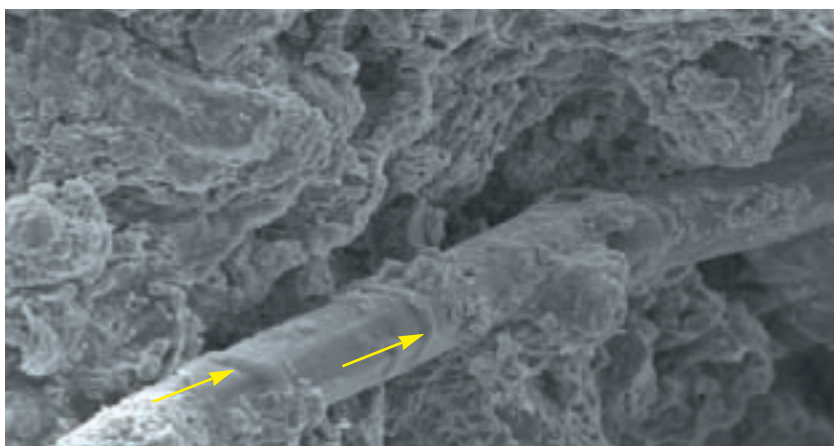
les fils pour créer une ouverture, où passe la trame (*non représentée*). Avec le métier à quatre barres, on peut déplacer quatre groupes de fils différents, ce qui permet de réaliser des tissus plus compliqués. Le métier à tablettes s'utilise en faisant tourner les tablettes dans leur plan, pour créer une ouverture différente entre les fils à chaque passage de la trame.

L'identification des fibres minéralisées

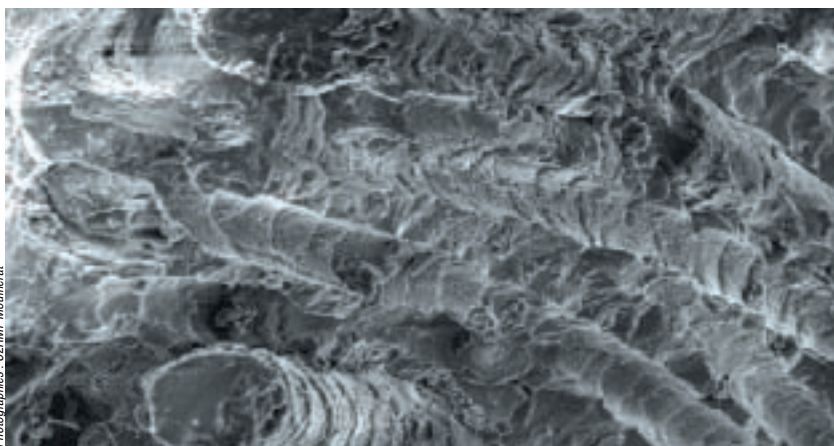
Les méthodes classiques d'identification, telle la microscopie optique à transmission, ne conviennent pas pour l'analyse des fibres minéralisées. Au Centre de recherche et de restauration des musées de France, nous avons mis au point une nouvelle méthode, fondée sur la reconnaissance de la morphologie spécifique de chacune des fibres. C'est une combinaison de la microscopie électronique à balayage et de la microscopie optique en réflexion, qui nécessite une préparation de l'échantillon : on le recouvre d'une mince couche d'or, qui rend la surface conductrice ; puis l'on observe au microscope électronique à balayage. Les principales caractéristiques des fibres textiles sont ainsi dégagées : par exemple, la présence ou non d'écailles (voir la photographie inférieure) ou le groupement des fibres sous forme de faisceau.

L'échantillon est ensuite inclus dans un bloc de résine translucide. Après une polymérisation qui dure au maximum 24 heures, il est poli à la pâte diamantée. La coupe obtenue est observée au microscope optique en réflexion. L'examen des coupes longitudinales et transversales est indispensable à la détermination de la nature des fibres, car chacune d'elles possède ses propres caractéristiques. On mesure le diamètre des fibres pour déterminer la qualité de la toison et l'animal qui l'a fournie ou pour connaître le degré de maturité dans le cas de fibres végétales.

Tout un pan de la culture matérielle jusqu'alors peu connu devient accessible, ce qui ouvre des perspectives d'étude de la gestion des ressources naturelles et de leurs stratégies d'exploitation, soit sur place, soit comme produits d'échange.



Fibres de lin vues au microscope électronique à balayage. La section polygonale et les «genoux» de flexion (sortes de renflement annulaire (flèches jaunes), le long de la fibre, comme sur une tige de bambou) sont caractéristiques de fibres libériennes. Cette fibre provient du site de Lazenay (Cher), V^e siècle avant notre ère.



Fibres de laine de mouton vues au microscope électronique à balayage. La présence d'écailles est le meilleur indice pour distinguer les fibres animales des fibres végétales. Sessenheim (Haut-Rhin), V^e siècle avant notre ère.

Certains de ces textiles peuvent avoir une origine méditerranéenne ; ils auraient alors été réalisés par des techniques différentes de celles qui sont d'habitude observées dans les tombes à char. En revanche, d'autres tissus sont indiscutablement des productions locales : l'armure est un sergé de 2/2 dont les fils de chaîne sont retors (formés à partir de deux fils) de torsion S et les fils de trame sont simples (formés directement à partir des fibres) de torsion Z (voir la figure 6). L'autre type d'armure utilisé est une toile dont les fils sont retors de torsion S et Z. L'uniformité de certaines armures de tissage pourrait indiquer l'existence de conventions qui avaient cours dans les ateliers de tissage. On trouve aussi des étoffes à effets de carreaux et de rayures obtenus par une alternance de couleurs. Dans certains cas, le jeu subtil de la lumière sur la torsion des fils crée un dessin ou accentue un motif.

Cette période est aussi marquée par l'apparition du métier à tablettes. Les tablettes sont des plaques le plus souvent carrées, de cinq à dix centimètres de côté, avec un trou dans chaque coin pour enfiler les fils de chaîne (voir la figure 3). Par rotation des plaquettes, le tisserand obtient une nouvelle ouverture entre les fils de chaîne, à chaque quart de tour ; c'est là qu'il introduit le fil de trame. Ce métier sert à confectionner des articles de faible largeur, mais d'une grande solidité, tels les rubans, lanières, sangles, ceintures et bordures de tissu. Ces dernières se retrouvent en grand nombre dans la tombe de Hochdorf. D'une finesse remarquable et couvertes de motifs complexes, elles sont larges de 2,5 à 4 centimètres et ornent les vêtements de parade, les rideaux et les étoffes des chars.

De nouvelles techniques, telle celle de la navette volante, où des fils de trame supplémentaires sont utilisés pour réaliser un motif au cours du tissage (voir la figure 1), sont observées à Hochdorf. Cette technique, dont les origines remontent au début de l'âge du bronze dans les régions du pourtour des Alpes, comme l'atteste la tenture d'Irgenhausen, en Suisse, disparaît au second âge du fer.

L'étude des restes organiques révèle la variété des matières premières. La découverte de tissus de laine fine de mouton semble indiquer que les toisons ont évolué par rapport aux périodes

précédentes, et que des matières brutes ou des produits finis venaient des cités ioniennes d'Asie Mineure. Ces villes, telle Milet, étaient connues pour leur production de laine de qualité, qui circulait à travers tout le bassin méditerranéen. On a retrouvé dans les tombes celtiques des galons colorés à motifs et des étoffes délicates en fine laine de daim, des cordelettes d'outils en soie de porc, en crins de cheval et en chanvre, des enveloppes de coussins faites à partir d'herbes mélangées et, même, certains tissus en poils de blaireau. La présence de soie, qu'on avait cru avoir identifié dans plusieurs tombes à char, notamment celles de Hohmichele et de Hochdorf, est aujourd'hui démentie. Seule la tombe de Vix (Côte-d'Or) contient les restes minéralisés d'un fil qui pourrait être de soie, mais un doute subsiste sur son identification.

Les Celtes utilisaient des étoffes colorées avec des motifs géométriques (losanges, svastikas, etc., voir la figure 1), à des fins vestimentaires et décoratives. De tels tissus ont été découverts dans plusieurs sépultures princières, où les conditions favorables de conservation ont permis leur préservation sous

une forme non minéralisée. La plupart possèdent des traces de coloration bleue et rouge. Les analyses du manteau du prince de Hochdorf ont montré que le rouge avait été obtenu à partir du kermès (voir *L'archéoteinture*, par Dominique Cardon, page 50), l'insecte *Coccus ilicis*, d'origine méditerranéenne. Cette couleur joue un rôle important dans le culte des morts en Méditerranée : sa présence est un indice supplémentaire des nombreux contacts entre les populations du Nord des Alpes et des régions méditerranéennes. Des objets de prestige, telles certaines pièces de vaisselle métallique (le cratère de Vix ou le chaudron de Hochdorf) et des céramiques à figures rouges ou noires ont été importées. Dans la tombe de Vix, on a retrouvé de

nombreuses traces de bleu et de rouge lors de la fouille en 1953. Le rouge a été obtenu avec du cinabre, un sulfure de mercure, et le bleu avec du silicate de calcium et de cuivre (comme le bleu égyptien), ce qui indique qu'ils ont été importés. D'autres fouilles montrent que le bleu est souvent fait à partir de la guède, une plante qui pousse à l'état sauvage dans de nombreuses régions d'Europe. Le principe colorant est l'indigotine, présente dans les feuilles de la plante.

Ces tissus de qualité sont souvent protégés par d'autres textiles plus grossiers : c'est le cas pour les bijoux et les vêtements somptueux du prince de Hochdorf, ainsi que pour les objets



4. TOMBE À CHAR d'un prince celtique, reconstituée après sa découverte à Hochdorf (Allemagne), par le personnel du musée de Stuttgart. Au premier âge du fer, l'aristocratie celtique se faisait enterrer dans des tombes recouvertes d'un tertre. À l'intérieur, la chambre

mortuaire, représentée ici, contenait des objets précieux. Le char est caractéristique des tombes du VI^e siècle avant notre ère. Une nouvelle étude, publiée en 1999, montre que le mort et la totalité des objets étaient emballés dans des tissus (*en haut*).

d'autres tombes contemporaines. Les tissus de la sépulture de Vix sont remarquables : les quatre roues du char ont été démontées et déposées sur l'un des côtés de la tombe ; initialement, elles étaient recouvertes de plusieurs tissus très fins, réalisés avec un sergé à motif de losanges, eux-mêmes recouverts d'un tissu de laine plus grossier, qui protégeait aussi bien la roue que son premier emballage. Cet usage se retrouve dans de nombreuses tombes fouillées en France, notamment à Apremont (Haute-Saône), à Sainte-Colombe et à Tremblois (Côte-d'Or). Cependant les conditions de conservation empêchent parfois de conclure de façon aussi certaine à la présence de ce type d'emballage.

Ces quelques exemples montrent que les Celtes avaient la volonté d'emballer certaines pièces du mobilier funéraire et, parfois, la totalité du char. Dans la partie la plus occidentale de l'Europe celtique, ce sont seulement les

roues qui sont emballées. La quantité et la qualité des étoffes utilisées sont sans doute liées à des préoccupations culturelles. Elles sont aussi l'indice de l'apparition d'une nouvelle classe d'artisans, dont la clientèle est constituée par cette aristocratie désireuse de se distinguer par la possession d'un mobilier exceptionnel.

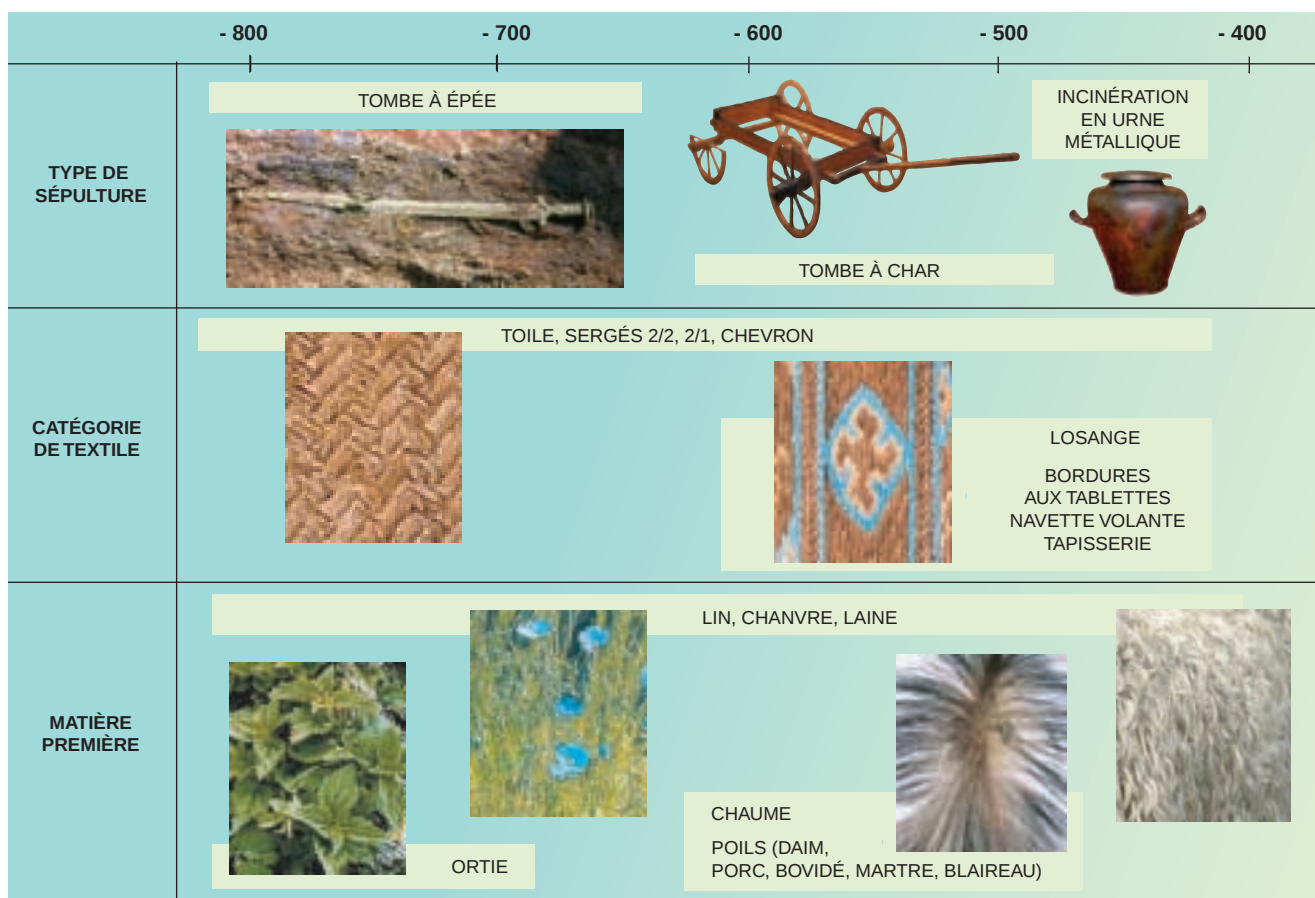
Étoffes et urnes métalliques

La disparition des tombes à char à quatre roues, au début du V^e siècle avant notre ère, ne marque pas la fin des sépultures aristocratiques, mais, plutôt, un changement de rituel funéraire : l'incinération en urne métallique se substitue à l'inhumation sur char. Ce phénomène apparaît au centre et à l'Est de la Gaule, à l'extrême fin du VI^e siècle, et se perpétue jusque dans la deuxième moitié du V^e siècle. Parallèlement, il s'étend de l'Italie au Danemark. Il se

caractérise par le dépôt des ossements calcinés du défunt à l'intérieur d'un vase métallique.

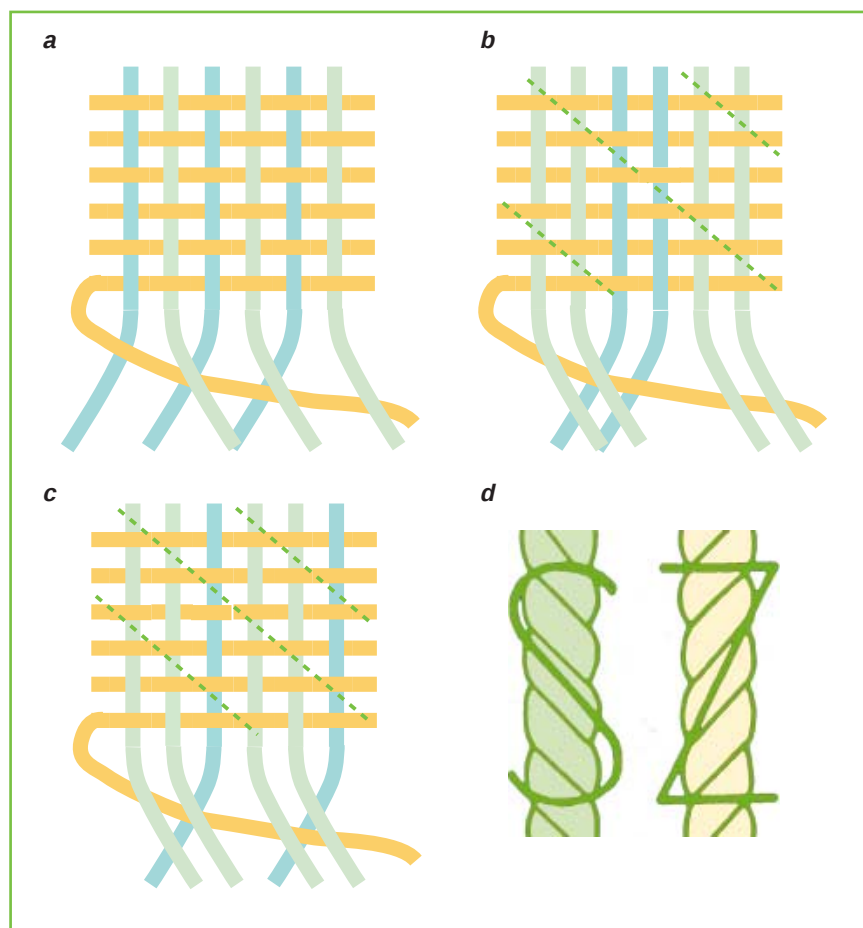
L'utilisation des tissus dans les pratiques funéraires n'est alors pas abandonnée, puisqu'on les retrouve associés à l'urne et à son contenu : soit l'étoffe recouvre l'urne métallique, soit elle enveloppe les os du défunt qui sont dans l'urne. Cette pratique révèle une préoccupation religieuse nouvelle, qui vient du bassin méditerranéen, comme l'attestent les nombreuses découvertes effectuées tant en Grèce qu'en Italie et dont certaines remontent au VIII^e siècle avant notre ère.

Les textiles conservés sur les urnes métalliques sont comparables à ceux des tombes à char, tant par leur qualité que par leur variété. Les principales armures sont le sergé de 2/2 et, dans une moindre mesure, le sergé de 2/1 (voir la figure 6). Des vestiges de bordures réalisées au métier à tablettes abondent. On retrouve certains motifs



5. TROIS TYPES DE SÉPULTURES se sont succédés chez les princes celtes du premier âge du fer : les défunts ont d'abord été enterrés avec une épée, puis un char et, enfin, incinérés en urne de bronze. Les vestiges des tissus qui emballaient ces objets nous renseignent sur les différentes sortes d'entrelacement des fils que

les Celtes utilisaient et sur la nature des fibres qui servaient à fabriquer ces fils (végétale ou animale). Ce tableau chronologique montre l'évolution des types de sépultures, de textiles et de fibres sur près de cinq siècles (du début du IX^e au V^e siècle avant notre ère).



6. ARMURES DE TISSUS (systèmes d'entrelacement des fils). La toile est la plus simple (a) : les fils de trames (horizontaux) passent alternativement au-dessus et au-dessous des fils de chaîne (verticaux). Dans le sergé 2/2 (b), la trame passe au-dessus de deux fils de chaîne puis au-dessous des deux suivants, avec un décalage d'un fil de chaîne à chaque passage de la trame. Le sergé 2/1 (c) est fait sur le même modèle que le précédent, mais la trame passe au-dessous d'un seul fil de chaîne. Les sergés présentent des côtes obliques, dont la direction est indiquée en pointillés. À droite, schémas de fils retors de torsion S et Z : tous deux sont composés de deux fils, mais l'enroulement est opposé (d) ; l'inclinaison des spires correspond respectivement à celle de la barre médiane des lettres S et Z.

décoratifs des périodes précédentes, parmi lesquels le losange et le chevron.

Les tissus confectionnés avec des techniques dont on ne connaît pas d'exemple datant du début du premier âge du fer sont plus rares. Citons la technique de tapisserie de la sépulture de Sainte-Geneviève-des-Bois, dans le Loiret, et le sergé avec opposition de liage, c'est-à-dire que, pour deux fils de trame consécutifs, quand le premier passe au-dessus d'un fil de chaîne, le second passe en dessous, et inversement. L'utilisation du kermès d'origine méditerranéenne pour l'obtention du rouge, comme dans la tombe à char de Hochdorf, indique que les objets de ces deux sépultures sont des produits d'importation. Ces exemples montrent les similitudes entre les tombes à char et les incinérations en urne métallique,

ainsi que la pérennité des échanges avec le monde méditerranéen.

À la fin du premier âge du fer, les fibres textiles d'origine végétale sont moins nombreuses que les fibres d'origine animale. La variété que l'on rencontrait aux temps des tombes à char diminue nettement ; la préférence est donnée aux laines de toutes sortes et, en premier lieu, à celle des moutons. Cette tendance va se confirmer au second âge du fer, avec l'utilisation quasi exclusive de la laine de mouton.

La fin d'une époque

Le premier âge du fer marque l'apparition d'un artisanat textile de qualité supérieure à celle des tissus de l'âge du bronze. Il se caractérise par la maîtrise technique du métier à tablettes

et du métier à quatre barres, l'apparition de nouvelles sources de colorants, comme le kermès, et l'utilisation de nouvelles fibres végétales et de laines diverses. Malgré une multitude de motifs décoratifs (losanges, svastikas...), l'unité stylistique atteste l'intensification des échanges à longue et moyenne distance, entre le monde celtique en formation et les civilisations du bassin méditerranéen.

Ce phénomène va de pair avec les changements politiques et économiques dont les pratiques funéraires d'Europe celtique renvoient un faible, mais précieux écho. Sans conteste, le début du premier âge du fer inaugure des transformations importantes dans le domaine des rituels funéraires, marquées par l'utilisation spécifique du textile pour l'emballage des biens les plus prestigieux du défunt.

La période suivante, au second âge du fer, marque la fin de ces tissus d'exception. Dorénavant, on se limite à certains types textiles comme les toiles et les sergés de 2/2, réalisés exclusivement avec de la laine de mouton. Les tissus se simplifient et s'uniformisent dans une Europe celtique qui s'élargit au Nord de l'Italie, à l'Est de la Bohême et à la façade atlantique de la Gaule. D'autres données archéologiques relatives à l'armement et aux parures corroborent ces tendances. C'est le début d'une autre histoire.

Christophe MOULHERAT est archéologue, spécialiste des textiles anciens, au Centre de recherche et de restauration des musées de France.

J. BANCK-BURGESS, *HOCHDORF IV, Die Textilfunde aus dem späthallstattzeitlichen Fürstengrab von Eberdingen-Hochdorf (Kreis Ludwigsburg)*, Kommissionsverlag, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart, 1999.

L. BENDER JØRGENSEN, *North European textiles until AD 1000*, Arhus University Press, Copenhagen, 1992.

H. MASUREL, *Tissus et tisserands du premier âge du fer*, Antiquités nationales, Mémoire 1, p. 303, 1990.

M.L. RYDER, *Sheep and Man*, Duckworth, Londres, 1983.

K. SCHLABOW, *Textilfunde der Eisenzeit in Norddeutschland*, Göttinger Schriften zur vor- und Frühgeschichte, Band 15, p. 100, fig. 261, 1976.

L'art de la soie

CLAUDIO ZANIER

Au début du XIX^e siècle, grâce à des innovations techniques remarquables et à un changement des mentalités, la France a supplanté ses anciens rivaux du Piémont dans la manufacture du fil de soie.

Selon une légende chinoise, une princesse se promenait, une tasse de thé à la main. Un cocon tomba malencontreusement dans sa tasse, et la princesse tenta de l'en retirer. Or il advint que l'extrémité par laquelle elle l'attrapa était celle du fil qui formait le cocon, lequel se déroula sous l'effet de la chaleur de la boisson : de cette mésaventure naquit, en Chine, il y a près de 4 000 ans, l'industrie de la soie. Les Chinois avaient découvert comment travailler les cocons du ver à soie pour obtenir un fil plus long et plus brillant que toutes les autres fibres naturelles.

Les larves de *Bombyx Mori* construisent des cocons, où elles s'abritent en attendant leur métamorphose et dont elles sortent sous forme de papillon. Avant les fibres de synthèse, on ne disposait pas d'autres fibres aussi longues : chaque cocon de *Bombyx Mori* est constitué d'un brin unique, qui atteint 800 mètres de longueur (les Japonais ont même obtenu, au début du XX^e siècle, des cocons qui donnaient un fil de deux kilomètres).

Au prix d'une attention toute particulière, on peut le dérouler, telle une pelote de laine (au contraire, quand on travaille des fibres naturelles courtes, on doit en assembler plusieurs, puis les filer, pour obtenir un fil assez long pour être tissé). La fabrication de la soie, par tirage, nécessite des instruments et des pratiques totalement différentes du filage : on commence par immerger les cocons dans de l'eau chaude pour éliminer la colle naturelle (la séricine) qui maintient le brin sous forme de cocon, puis on déroule le brin.

L'élevage des cocons du bombyx et les méthodes de tirage et de filage du

fil de soie se sont progressivement développés sur le pourtour méditerranéen, à partir du Moyen Âge. Le Piémont restera longtemps le pays produisant les fils les plus prisés. Puis, au début du XIX^e siècle, la maîtrise est passée dans le camp français. En retraçant les efforts faits par le gouvernement, les luttes d'influence des producteurs et des entrepreneurs, la «modernisation» de la production et les progrès techniques réalisés, nous avons réexaminé comment les Français ont acquis la maîtrise de la production du fil de soie.

Le fil de soie

La résistance des brins de soie à la rupture est proche de celle du fer (près de 45 kilogrammes par millimètre carré), mais ils sont si fins (15 millièmes de millimètre) qu'on doit en réunir plusieurs pour que le fil soit utilisable. Dans un fil, les brins ne sont pas entortillés, mais juxtaposés : ils adhèrent les uns aux autres par leur propre colle. Les fileuses expérimentées réussissaient à remplacer un brin terminé par un nouveau brin, tout en conservant rigoureusement le diamètre du fil. Or la qualité (donc le prix) du fil dépendait de la régularité du diamètre.

La soie brute – la soie grège – est collectée sous forme d'écheveaux sur des dévidoirs, nommés asples. On peut l'utiliser directement, mais diverses techniques améliorent sa résistance et sa compacité. Constituée de brins fins et continus, elles réfléchit mieux la lumière que les fibres courtes, assemblées de façon désordonnée. De plus, les fibres de soie sont dépourvues des petits poils qui recouvrent la surface des fils faits de fibres courtes. Ces caractéristiques