

Trahi par ses vêtements

L'expertise de fibres textiles en criminalistique

Laurent Lepot, Kris De Wael et Fabrice Gason

Résumé	Chaque jour, nos activités impliquent de multiples contacts avec des personnes et des objets. Chacun de ces contacts va laisser, par l'intermédiaire de nos vêtements, des traces microscopiques : les fibres textiles. Ces fibres sont la plus petite unité composant une matière textile. Elles peuvent être d'origine naturelle ou fabriquées par l'Homme et sont par conséquent différenciables par le matériau qui les constitue. Au-delà du matériau, les fibres textiles sont généralement teintes à l'aide de différents colorants. Ainsi leur morphologie, leur nature chimique et les colorants utilisés sont autant de composantes qu'il est possible d'analyser pour les caractériser. Leur expertise consiste alors à comparer des fibres retrouvées à l'état de traces sur les lieux du crime à celles composant un vêtement de référence suspecté à l'aide d'une même séquence analytique basée essentiellement sur la microscopie et sur des techniques de micro-analyse (spectrophotométrie, spectroscopie Raman, infrarouge...).
Mots-clés	Criminalistique, fibres textiles, microscopie optique, microspectrophotométrie, spectroscopie Raman, spectroscopie infrarouge.
Abstract	Betrayed by his clothes: the expertise of fibers in forensic science Our activities generate every day multiple contacts with people or objects. Each of these contacts will leave, through our clothes, some microscopic traces: textile fibres. These fibres are the smallest component of a textile material. They may have a natural or a man-made origin and are consequently differentiated by the material they are made from. Beyond this material, textile fibres are generally dyed. So their morphology, their chemical composition and the dyes used are all components available to characterize them. Forensic fibre examination consists in comparing trace fibres to the ones composing a reference garment. Both reference and trace fibres follow a similar analytical sequence essentially based on microscopy and on micro-analytical techniques as spectrophotometry, Raman and infrared spectroscopy.
Keywords	Forensic science, textile fibres, optical microscopy, microspectrophotometry, Raman spectroscopy, infrared spectroscopy.

Le criminel quitte la scène de crime... il pense avoir commis le crime parfait ! En portant une cagoule et des gants, il évite de laisser ses empreintes digitales, son ADN ou de perdre un poil ou un cheveu. « On ne pourra jamais prouver ma présence sur la scène de crime », se dit-il naïvement... C'était sans compter les fibres textiles !... Car plus tard le juge s'exclamera : « Des fibres de vos vêtements ont été retrouvées sur les vêtements de la victime, des fibres de vos gants sur son cou et des fibres de votre cagoule sur le chambranle de la fenêtre contre lequel vous vous êtes cogné en quittant les lieux... vous y étiez ! »

Origine des fibres textiles

Les matières textiles sont omniprésentes dans notre société, à commencer par notre environnement le plus proche. Il ne s'agit pas seulement des vêtements que nous portons chaque jour, mais aussi des textiles présents dans nos habitations – tapis de sol, habillages des fauteuils, literie, tentures et autres textiles domestiques – ou encore à l'intérieur de nos voitures. De plus, certains d'entre nous utilisent quotidiennement des cordes, tant dans l'exercice de leur métier que, plus simplement, dans la pratique d'un sport

ou d'un hobby. Les textiles sont aussi utilisés dans des applications plus techniques : vêtements de protection, articles de sport ou pour la construction de maisons.

Les matières textiles sont en général des étoffes qui présentent, au niveau macroscopique, différentes structures selon leur mode de fabrication (tissage, tricotage...). Un tissu, par exemple, est généré par entrecroisement de fils dans deux directions perpendiculaires (*figure 1*). Le plus souvent, ces fils présentent eux-mêmes une structure élaborée par torsion de plusieurs brins. Ces brins sont à leur tour constitués d'une multitude de fibres textiles alignées et torsadées entre elles. En résumé, les matières textiles sont un assemblage de différentes sous-unités dont l'unité de base est la fibre textile.

Les fibres textiles ont une morphologie caractéristique selon qu'elles sont d'origine naturelle – comme la laine (*figure 1a*), le coton (*figure 1b*), le lin ou la soie – ou qu'elles sont manufacturées par l'Homme. Ces dernières regroupent les fibres synthétisées à partir de produits chimiques – comme l'acrylique, le polyamide ou le polyester (*figure 1c*) –, mais également des fibres générées à partir de matières naturelles – comme la viscose (*figure 1d*) à partir de cellulose, ou les nouvelles fibres protéiniques à partir de soja, par exemple [1].

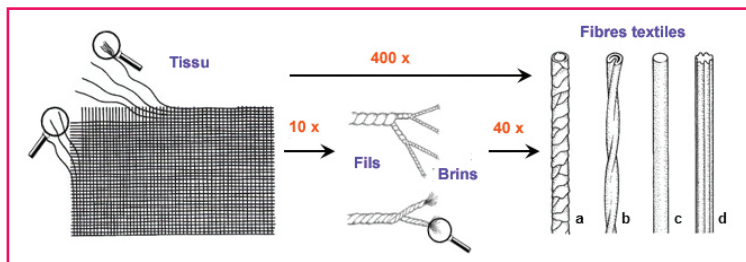


Figure 1 - Structure d'une matière textile de type tissu par enchevêtrement perpendiculaire de fils, qui sont construits par torsion de différents brins, eux-mêmes torsadés à partir de centaines, voire de milliers de fibres textiles. Morphologie typique d'une fibre de laine avec ses écailles (a), d'une fibre de coton avec ses convolutions (b) et de fibres manufacturées de section transversale circulaire (c) ou irrégulière (d).

Intérêt des fibres textiles en criminalistique

Les matières textiles sont souvent considérées comme un produit de masse : elles suivent un long chemin qui va de la fabrication des fibres textiles à la confection d'un vêtement. La production d'un même modèle de vêtement précis en milliers d'exemplaires génère un nombre gigantesque de fibres indiscernables entre elles, même avec les meilleures techniques analytiques. C'est pourquoi il est difficile d'attribuer la provenance de traces de fibres à un vêtement en particulier, car la possibilité que ces fibres proviennent d'un autre textile identique ne peut jamais être exclue. Par conséquent, l'expertise de fibres n'apporte qu'un indice matériel « indicatif » pour l'enquête, mais qui peut prendre tout son sens dans un contexte connu ou dans des circonstances particulières [2].

Les fibres textiles font partie de la grande famille des microtraces qui se transfèrent lors de contacts, comme n'importe quelle trace macroscopique, conformément au principe énoncé par Edmond Locard, le fondateur du tout premier laboratoire de police scientifique à Lyon en 1910 : « *Nul ne peut agir avec l'intensité que suppose l'action criminelle sans laisser de marques multiples de son passage. Tantôt le malfaiteur a laissé sur les lieux les marques de son*

activité ; tantôt par une action inverse, il a emporté sur son corps ou sur ses vêtements les indices de son séjour ou de son geste » [3].

Prenons l'exemple du scénario fictif présenté sur la figure 2, dans lequel un individu arrive au volant de sa voiture chez la victime. Le pull-over mauve de l'auteur de l'agression est composé de fibres mauves, mais est aussi porteur, en faibles proportions, de fibres de son environnement, notamment dans ce cas précis, de fibres rouges du siège de sa voiture. Durant les faits, les contacts engendrent un transfert des fibres du pull-over mauves sur le pull-over blanc de la victime. Durant ce transfert, appelé « transfert primaire ou direct », des centaines de fibres peuvent être échangées, en fonction des qualités de donneur et d'accepteur des deux pull-overs.

Après les faits, l'examen du pull-over de la victime démontre effectivement la présence importante de fibres mauves provenant du pull-over de l'auteur de l'agression, mais aussi une faible proportion de fibres rouges provenant du siège de la voiture (figure 2). Bien entendu, la victime n'a eu aucun contact direct avec le siège de voiture, et le transfert entre le siège et la victime s'est réalisé par l'intermédiaire des vêtements de l'agresseur. Ce transfert, appelé « transfert secondaire ou indirect », devrait en théorie être systématiquement observé, puisque toute matière textile présente dans l'environnement de l'agresseur est également susceptible d'être transférée. Cependant, il y a généralement moins d'une dizaine de fibres échangées lors d'un transfert secondaire, et par conséquent, ce transfert est très difficile à mettre en évidence, surtout si l'environnement du suspect n'est pas connu. Un transfert secondaire est particulièrement utile pour individualiser un vêtement : en effet, le pull-over mauve n'est certainement pas unique, mais combiné aux fibres du siège de voiture ou encore d'un fauteuil de salon, il laissera sur la victime une combinaison de traces plus spécifique.

En outre, ces transferts primaires et secondaires peuvent aussi être examinés dans le sens de la victime vers l'auteur de l'agression, à condition de veiller à la saisie correcte des vêtements du suspect. La combinaison des transferts de l'agresseur vers la victime et de la victime vers l'agresseur porte le nom de « transfert croisé ». La force de l'indice basé sur les fibres, ou en d'autres termes le poids des conclusions du rapport d'expertise, dépend intimement de la nature et du nombre de transferts mis en évidence par l'expertise. Ainsi, la combinaison de plusieurs transferts croisés et de transferts secondaires permettra d'atteindre une valeur maximale de l'indice.

En résumé, l'expertise de fibres ne se borne pas à la détermination de la rareté d'un seul type de fibres incriminé. La réalité des expertises nous confronte souvent simultanément à plusieurs types de fibres, ainsi qu'à plusieurs modes de transferts (primaires, secondaires et/ou croisés), qui tendent à individualiser le textile expertisé comme source la plus probable des traces de fibres retrouvées [4].

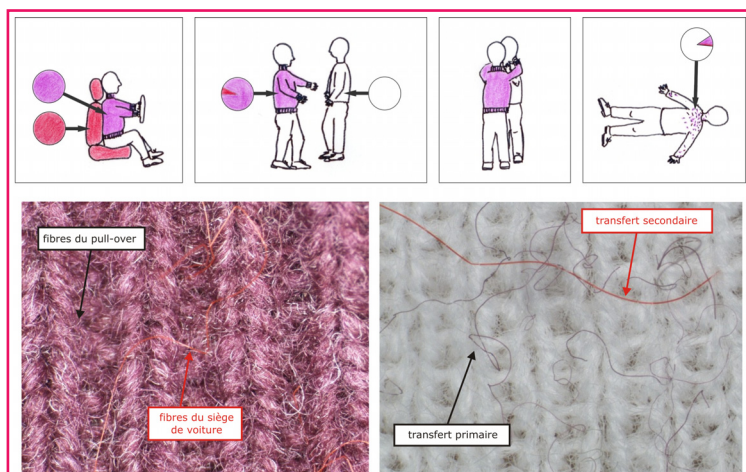


Figure 2 - Présentation schématique d'un transfert primaire et d'un transfert secondaire.

En haut : scénario d'une victime étranglée par un individu vêtu d'un pull-over mauve, arrivant sur les lieux à bord d'une voiture aux sièges rouges. En bas, à gauche : photographie (à son arrivée sur les lieux) de la structure textile mauve du pull-over de l'agresseur, à la surface duquel sont visibles des fibres rouges provenant du siège de la voiture. En bas, à droite : photographie (après les faits) de la structure textile du pull-over blanc de la victime, à la surface duquel sont visibles des fibres mauves provenant du pull-over de l'agresseur (transfert primaire) et, en plus petite quantité, des fibres rouges provenant du siège de sa voiture (transfert secondaire).

Prélèvement et recherche des traces

Les fibres textiles font partie de la famille des microtraces, c'est-à-dire des traces peu ou pas visibles à l'œil nu. Leur collecte au niveau de la scène de crime ou sur des objets saisis doit donc être systématique. Les prélèvements de fibres sont réalisés par la technique du « tape lifting », qui consiste à appliquer des bandes collantes sur les surfaces à prélever afin de récolter les traces liées aux faits, mais également



Figure 3 - Méthode de prélèvement de microtraces par application d'une bande collante sur le t-shirt à examiner (photo de gauche). Cartographie des bandes de prélèvement sur un corps par application de bandes collantes prénúmerotées sur toute la surface du corps (photo de droite). Les points verts représentent la localisation sur le corps d'un même type de fibres pertinentes, au regard des faits de strangulation commis sur la victime.

une partie des fibres présentes sur ces surfaces (appelée « background ») (figure 3). Afin de prévenir toute contamination, la bande collante est ensuite recollée sur une feuille plastique transparente, de laquelle elle ne peut plus être enlevée. Ainsi réalisé, le prélèvement porte le nom de « taping » et constitue, à différentes variantes près, la technique de prélèvement la plus répandue au niveau européen dans le domaine des microtraces. Les bandes collantes garantissent une efficacité de l'ordre de 80 % dans la collecte des fibres présentes en traces [5].

La mise en œuvre de cette technique requiert également de porter les protections adéquates permettant d'éviter toutes contaminations venant des opérateurs de scène de crime – salopette blanche en textile non-tissé, couvre-chef, masque buccal et gants – tant en ce qui concerne les fibres que pour les cheveux/poils, les traces biologiques ou les empreintes digitales.

Dans les dossiers de décès suspect, le corps de la victime est souvent une surface difficile à prélever directement sur la scène de crime. Pour y parvenir, la technique du « taping 1:1 » est utilisée ; elle consiste à recouvrir la totalité du corps à l'aide de petites bandes collantes prénúmerotées (figure 3). Cette technique facilite le prélèvement quelles que soient la position et la géométrie du corps et permet surtout de réaliser une véritable cartographie des traces laissées par l'auteur de l'agression. Dans l'exemple du scénario fictif présenté sur la figure 3, la victime est retrouvée étranglée par l'arrière dans son appartement et plusieurs dizaines de fibres du même type sont retrouvées en traces sur les bandes collantes appliquées au niveau du cou et du haut du dos. Cette observation traduit un contact direct et localisé d'une matière textile particulière avec la zone du corps directement liée à la strangulation. Il sera donc très pertinent de comparer ces fibres à celles composant, par exemple, des vêtements ou des gants saisis chez un suspect. Dans d'autres cas, la localisation des traces peut aider à mettre en évidence des zones de maintien de la victime, ou encore à vérifier les déclarations de plusieurs suspects quant à leur rôle respectif dans les faits.

La recherche des traces sur les bandes collantes est réalisée au laboratoire à l'aide d'un microscope optique à faible grossissement (stéréomicroscope, grossissement 10 à 100 x). Ce dernier ne fournit pas un grossissement suffisant pour caractériser la morphologie des fibres textiles, mais permet d'examiner facilement les bandes collantes et d'opérer une première sélection de fibres présentant une même couleur et des caractéristiques communes. Les fibres sélectionnées sont alors retirées de la bande collante et préparées individuellement sur une lame porte-objet pour être soumises à la séquence analytique.

Polymorphisme des fibres textiles : diversité de forme, de couleur et de composition

Des formes, des couleurs et des tailles très variées confèrent aux fibres textiles un très grand polymorphisme (figure 4). Ces particularités ne sont pas visibles à l'œil nu mais apparaissent sous le grossissement d'un microscope optique (en pratique 400 x), tout comme une grande variété d'autres caractéristiques morphologiques des fibres.

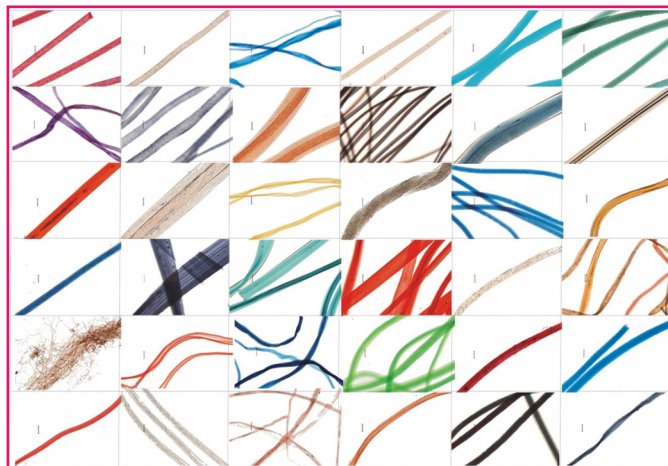


Figure 4 - Polymorphisme des fibres textiles observées sous l'œil du microscope optique (grossissement 400 x ; le repère métrique correspond à 25 µm) : très grande diversité de couleurs, de formes et de diamètres.

L'observation en microscopie optique en champ clair permet de distinguer directement une fibre naturelle d'une fibre synthétique. En effet, les fibres naturelles les plus courantes comme la laine, le coton et le lin se différencient aisément par leurs morphologies typiques respectives (figure 1). Cependant, leur composition à base de kératine (pour la laine) ou de cellulose (pour le coton et le lin) varie peu et d'autres caractéristiques internes leur font défaut. Leur discrimination est par conséquent essentiellement basée sur leur couleur.

Les fibres synthétiques sont quant à elles manufacturées à partir de différents polymères ou matériaux en fonction des propriétés désirées. Elles présentent une plus grande variété de caractéristiques morphologiques (diamètre, section transversale de la fibre, présence/absence d'agents de matage), ainsi que des différences notables dans leur composition chimique (variations de la classe chimique du polymère, voire de la sous-classe). La classe chimique d'une fibre synthétique peut être estimée en microscopie optique de polarisation sur la base des couleurs d'interférences obtenues en croisant perpendiculairement le polariseur et l'analyseur, et mesurée à l'aide des spectroscopies infrarouge et Raman. Ces caractéristiques de morphologie et de composition leur assurent, conjointement à une grande variété de couleurs, un très grand polymorphisme.

La couleur des fibres est due à l'application de matières colorantes qui ne représentent pas plus de 10 % du poids total de la fibre. À l'heure actuelle, il existe sur le marché une multitude de colorants permettant une infinité de combinaisons. En d'autres termes, une fibre, définie au premier coup d'œil comme bleue, peut revêtir de nombreuses nuances de bleu en fonction du colorant utilisé. En pratique, un mélange de deux ou trois colorants est généralement appliqué lors du

processus de teinture et ces mélanges génèrent des gammes encore plus larges de nuances, déjà différenciables sous l'oculaire du microscope (figure 4). Par ailleurs, deux fibres présentant des couleurs visuellement très proches peuvent en réalité résulter de teintures impliquant des mélanges très différents de colorants, donc aisément différenciables lors des analyses. Beaucoup de techniques analytiques sont utilisées pour caractériser les colorants : la microspectrophotométrie (visible et UV-visible), la spectroscopie Raman et la chromatographie sur couche mince (TLC), ou encore d'autres techniques chromatographiques (LC/MS, pyrolyse-GC/MS) [1, 6].

La morphologie (caractéristiques externes et internes), la couleur (mélange de colorants) et le matériau (composition chimique) de la fibre déterminent conjointement le « type » de fibre. Un même vêtement de référence peut être composé de plusieurs types de fibres, par exemple s'il possède plusieurs couleurs ou si son étiquette mentionne un mélange de matières textiles.

Séquence analytique des fibres textiles

La séquence analytique choisie dans notre laboratoire pour la comparaison de fibres textiles retrouvées en traces avec celles provenant d'une matière textile de référence consiste à utiliser successivement plusieurs techniques, de la plus simple à la plus spécifique. Prenons l'exemple du scénario fictif de strangulation présenté sur la figure 3, dans lequel plusieurs dizaines de fibres du même type sont retrouvées dans une zone du corps directement liée à la strangulation. Ces fibres ont été sélectionnées en microscopie à faible grossissement et montées individuellement dans une préparation constituée d'une lame porte-objet en verre, de résine de montage transparente et d'une lame couvre-objet en verre.

Microscopie optique

La microscopie optique en champ clair à haut grossissement permet d'observer que la plupart des fibres sélectionnées présentent la même morphologie et la même couleur : le type de fibre est de teinte gris/noir, de section transversale circulaire de 12,5 µm de diamètre, et inclue des agents de matage (petites inclusions visibles tout au long de la fibre). La section transversale est estimée en microscopie optique mais peut être contrôlée par la réalisation de coupes au microtome, qui seront également observées en microscopie.

Plusieurs matières textiles de référence saisies sur quatre suspects sont fournies pour comparaison. Il s'agit de trois vestes et d'une paire de gants en matière polaire de couleur noire (figure 5). Sachant que les quatre suspects confessent leur présence sur les lieux mais nient tous les faits de strangulation, l'expertise des fibres va aider le juge d'instruction à déterminer quel suspect a pu commettre l'acte. Sur la base de la microscopie, deux références (figure 5, photographies de gauche) sont compatibles avec le type de fibres retrouvées sur la victime. Par conséquent, seuls ces deux types de fibres vont subir la séquence analytique. Les deux autres références (figure 5, photographies de droite) se différencient par leur diamètre et leur section transversale et sont dès lors exclues de la suite de l'expertise : au stade de la microscopie, deux suspects peuvent déjà être écartés.

Microspectrophotométrie

Cette technique intervient en deuxième position dans la séquence analytique et permet une caractérisation objective



Figure 5 - Photographies des fibres composant les quatre références en matière polaire noire (grossissement 800 x), saisies sur plusieurs suspects.

Dans le coin supérieur gauche de chaque photographie : représentation schématique de la section transversale de la fibre (circulaire ou à trois lobes) avec la mesure du diamètre en micromètres. Dans le coin inférieur droit : matière textile de référence dont la fibre est issue.

de la couleur des fibres, par opposition à sa description subjective par l'œil humain en microscopie optique. Sur la platine du microscope, la fibre est alignée sur une fenêtre de mesure d'où provient la source de lumière qui la traverse et qui poursuit son chemin vers le détecteur de l'appareil. Le résultat de cette mesure est un spectre d'absorption combinant les bandes d'absorption propres aux différents colorants utilisés pour la teinture de la fibre, et cela proportionnellement à la teneur de chaque colorant dans le mélange. La mesure dans le domaine visible (380 à 800 nm) autorise l'emploi de la préparation sur lame porte-objet en verre, alors que le domaine UV impose l'utilisation de lames en quartz. La mesure de la composante UV du spectre d'absorption nécessite donc un changement de préparation de la fibre, avec un risque de la perdre – ce qui serait grave pour une éventuelle contre-expertise – et elle n'est donc que rarement effectuée.

Dans le cas des fibres de coton, la teinture est inhomogène et apporte des fluctuations dans l'intensité des maxima d'absorbance (shift vertical de la totalité du spectre), mais leur position en longueur d'onde reste généralement inchangée. La présence d'épaulements ou de plateaux à côté des maxima est également significative et indique la présence de bandes supplémentaires. Le coton jaunit lui-même avec le temps et contribue légèrement au spectre d'absorption de la fibre, alors que dans les fibres synthétiques, l'absorption optique est en général uniquement liée aux colorants [7].

Pour revenir au scénario fictif, le spectre d'absorption dans le domaine visible est successivement mesuré sur les traces retrouvées sur la victime et sur les deux références jugées compatibles en microscopie optique. La figure 6 compare les spectres obtenus et montre la concordance du spectre des traces avec celui des fibres de référence composant la paire de gants. Les fibres de référence composant la veste montrent un profil d'absorption qui diffère par plusieurs bandes d'absorption et épaulements : à ce stade des analyses, le propriétaire de cette veste peut à son tour être écarté.

Spectroscopie Raman

Cette technique intervient en troisième position dans la séquence analytique et permet une caractérisation

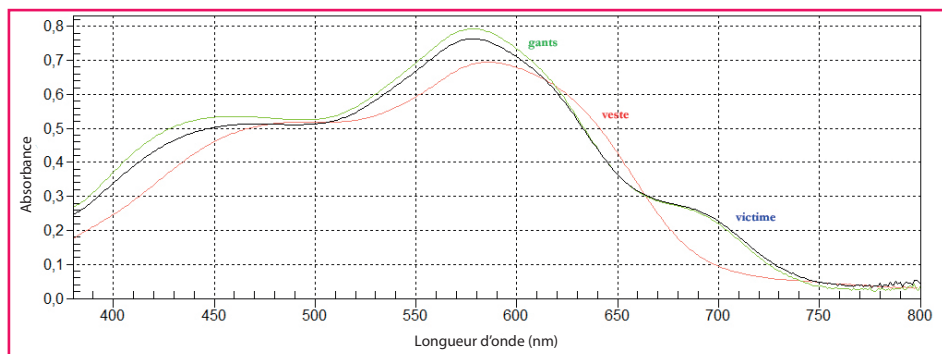


Figure 6 - Comparaison entre les spectres d'absorption optique dans le domaine visible (380-800 nm) des fibres prélevées sur la victime et les fibres références.

Le spectre des fibres retrouvées en traces sur la victime (spectre noir) est superposable avec celui de la référence des fibres des gants (spectre vert), et tous deux diffèrent par plusieurs bandes et épaulements du spectre des fibres de la veste (spectre rouge).

moléculaire de la fibre analysée. L'analyse implique l'illumination de l'échantillon par une source laser et la détection en retour d'une composante particulière de la lumière diffusée, appelée l'effet Raman. Le spectre Raman ainsi obtenu est spécifique du matériau analysé. Dans le cas des fibres teintées, une double information peut être retirée de l'analyse Raman : l'identification du matériau constituant la fibre (la composante majoritaire en quantité de matière) et la caractérisation, voire l'identification, du (des) colorant(s) utilisé(s) pour la teinture (la composante minoritaire en quantité de matière). Cette double détection est facilitée par l'utilisation de plusieurs sources lasers, afin de générer l'effet Raman dans différentes zones du spectre visible ou infrarouge proche. L'emploi de sources excitatrices visibles (typiquement à 532 et 633 nm) provoque un phénomène d'absorption de la lumière excitatrice par les colorants de la fibre teintée qui peut amplifier sélectivement le signal Raman d'un ou plusieurs colorants (phénomène de résonance) et faciliter leur détection. Un phénomène parasite d'émission de fluorescence peut aussi fréquemment apparaître et masquer partiellement, voire totalement, le signal Raman. L'emploi d'une source excitatrice dans le proche infrarouge (typiquement à 785 nm) permet d'atténuer la fluorescence mais diminue aussi les phénomènes de résonance. Le spectre Raman obtenu contient parfois davantage d'information relative au matériau constituant la fibre, principalement pour les fibres synthétiques [7-8].

Concernant le matériau constituant la fibre, la technique est capable d'identifier les classes de polymères fréquemment rencontrées dans les expertises comme le polyester – presque exclusivement le polyéthylène téréphtalate (PET) –, le nylon – elle peut notamment différencier le polyamide 6 du polyamide 6.6 – et l'acrylique – le polyacrylonitrile (PAN) mais pas ses copolymères –, ainsi que le polyéthylène (PE) et le polypropylène (PP) [7, 9].

L'analyse Raman des fibres teintées ne détecte donc pas nécessairement la totalité des molécules composant l'échantillon, mais elle apporte, grâce à la combinaison de plusieurs sources lasers, une information spécifique additionnelle aux résultats de la microspectrophotométrie. Cette analyse est d'autant plus appréciable qu'elle est rapide et non destructive, et qu'elle peut être effectuée directement sur la préparation sur la lame porte-objet en verre déjà utilisée en microscopie optique et en microspectrophotométrie [7, 10].

Dans le scénario fictif qui nous occupe, la microscopie optique et la microspectrophotométrie ont montré la concordance entre les traces retrouvées sur la victime et les fibres de référence composant la paire de gants du dernier suspect en lice, sur la base de leur morphologie et du mélange de colorants utilisé pour leur teinture. Avant de conclure, traces et références ont tout de même été soumises à l'analyse Raman pour identifier le polymère composant la fibre et obtenir une information supplémentaire sur les colorants. Les spectres Raman obtenus sont comparés entre eux et concordent, tant avec la source laser de 532 nm qu'avec celle de 785 nm (figure 7). Ces résultats traduisent l'utilisation d'un même colorant (voire d'un même mélange de colorants) détecté en spectroscopie Raman. L'analyse Raman permet en plus d'identifier le polyéthylène téréphtalate (PET) comme le matériau composant ces fibres.

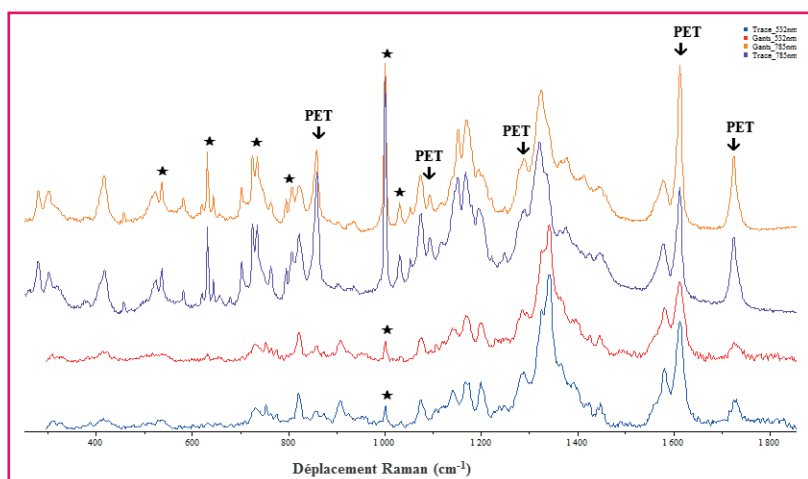


Figure 7 - Comparaison entre les spectres Raman mesurés (en unités arbitraires) sur les fibres retrouvées en traces sur la victime et celles de référence composant la paire de gants du dernier suspect en lice.

Trace (spectre bleu) et référence (spectre rouge) concordent sous excitation par le laser 532 nm avec des spectres dominés par le signal du (des) colorant(s) dans lesquels sont néanmoins présents les pics les plus intenses du polyéthylène téréphtalate (PET). Trace (spectre mauve) et référence (spectre orange) concordent sous excitation par le laser 785 nm avec des spectres combinant les pics Raman du (des) colorant(s), ceux du polyéthylène téréphtalate (PET) et ceux de la résine de montage utilisée pour la préparation des échantillons (pics fins marqués d'une étoile). Ces superpositions concordantes rendent hautement probable l'implication du porteur de gants.

Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

Cette technique intervient en complément de la spectroscopie Raman dans la séquence analytique car elle permet également une caractérisation moléculaire de la fibre analysée. L'information obtenue est proportionnelle à la quantité de matière analysée et le spectre infrarouge caractérise principalement le matériau constituant la fibre aux dépens des colorants présents en très faible quantité. Cependant, la mesure nécessite le démontage de la fibre de sa préparation sur la lame porte-objet en verre, car ce matériau absorbe dans l'infrarouge [7].

La technique est par conséquent utilisée seulement lorsque l'information fournie en spectroscopie Raman est insuffisante, et en particulier dans le cas de fibres acryliques pour lesquelles la spectroscopie infrarouge permet de préciser

la sous-classe en identifiant par exemple le copolymère du polyacrylonitrile (PAN) [11].

Autres techniques

Les autres techniques d'analyses impliquant la destruction de la fibre ou l'extraction de ses colorants ne sont que rarement utilisées. Elles sont envisagées seulement lorsque suffisamment de matière est disponible, comme par exemple dans la comparaison de morceaux de fils. En effet, la plupart des expertises impliquent des fibres unitaires à traiter comme des traces individuelles et à conserver pour une éventuelle contre-expertise.

Conclusion

Loin d'être des produits de masse, les fibres textiles sont des traces microscopiques particulières qu'il est possible de faire parler dans bon nombre de dossiers criminels. Les fibres ont pour origine les matières textiles que nous portons ou côtoyons quotidiennement. Leur grande diversité et les combinaisons infinies de divers types de fibres peuvent parfois transformer un simple contact entre matières textiles en un événement unique. L'expertise de fibres est généralement associée à des faits lourds et peut apporter une contribution importante à l'enquête judiciaire lorsque les indices traditionnels (ADN, empreintes dactyloscopiques) font défaut. Dans la plupart des cas, la combinaison des disciplines criminalistiques conduit à un faisceau d'indices solide basé sur plusieurs types de traces matérielles.

Du point de vue analytique, l'expertise comparative de fibres nécessite généralement d'analyser des dizaines, voire des centaines d'échantillons, selon la complexité du dossier. La séquence analytique a donc été optimisée pour éviter les changements de préparation des échantillons, privilégier les techniques rapides et non destructives, ainsi que l'utilisation des techniques les plus simples dans les premières étapes de comparaison entre traces et références. Cette séquence fait donc intervenir successivement la microscopie optique, la microspectrophotométrie dans le domaine visible et la spectroscopie Raman. À l'issue de cette séquence, traces et références peuvent être décrétées analytiquement indiscernables comme dans l'exemple de notre scénario fictif : les fibres retrouvées en traces dans la zone d'étranglement de la victime sont dites indiscernables de celles composant les gants de l'un des quatre suspects.

Au-delà de cette simple concordance analytique, les résultats d'une expertise de fibres sont souvent interprétés dans le contexte des faits. Dans notre exemple, sachant que les quatre suspects admettent leur présence sur la scène de crime et s'accusent mutuellement, l'un des quatre est forcément l'auteur de la strangulation. Dès lors, les résultats de l'expertise comparative de fibres permettent de soutenir avec une très haute probabilité que les gants de l'un des suspects sont la source des traces retrouvées sur le cou de la victime, plutôt que les vêtements des autres suspects, ou encore – pour répondre à la question première du juge d'instruction –, que le suspect porteur de la paire de gants, plutôt que l'un des autres suspects, a étranglé la victime.

Références

- [1] *Forensic Examination of Fibres*, 2nd ed., J. Robertson, M. Grieve (eds), Taylor & Francis, 1999.
- [2] de Wael K., Lunstrook K., Lepot L., Gason F., Les fibres textiles... produit de masse ou traces microscopiques uniques, *Journal de Police*, Ed. Politeia, 2011, mars(3), p. 22.
- [3] Martin J.-C., *Investigation de scène de crime*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2002.
- [4] Lepot L., de Wael K., Expertise de fibres et de textiles, dans *Manuel : l'enquête forensique - Les possibilités de l'enquête forensique*, P. Boel, G. de Boeck, V. de Cloet, J. de Kinder, M. Mons delle Roche, Politeia, 2011, p. 487-511.
- [5] Pounds C.A., The recovery of fibres from the surface of clothing for forensic examinations, *J. Forensic Sci. Soc.*, 1975, 15(2), p. 127.
- [6] European Textile and Hair Group, *Best Practice Guidelines for the Forensic Examination of Fibres*, European Network of Forensic Science Institutes, 2001.
- [7] Lepot L., *Application de la spectroscopie Raman à l'analyse de colorants sur fibres de coton dans le contexte de la criminalistique*, Thèse de doctorat, Université de Liège, 2011.
- [8] Smith E., Dent G., *Modern Raman Spectroscopy: A Practical Approach*, Wiley & Sons, 2005, chap. 4-6.
- [9] Keen I.P., White G.W., Fredericks P.M., Characterization of fibers by Raman microprobe spectroscopy, *J. Forensic Sci. Soc.*, 1998, 43(1), p. 82.
- [10] Lepot L., de Wael K., Gason F., Gilbert B., Application of Raman spectroscopy to forensic fibre cases, *Science & Justice*, 2008, 48(3), p. 109.
- [11] Grieve M., Another look at the classification of acrylic fibres using FTIR microscopy, *Science & Justice*, 1995, 35(3), p. 179.



L. Lepot



K. De Wael



F. Gason

Laurent Lepot (auteur correspondant) et **Kris De Wael** sont experts judiciaires au Laboratoire Fibres et Textiles et **Fabrice Gason** est chef de la Section Chimie Analytique Générale de l'Institut National de Criminalistique et de Criminologie (INCC)*.

L'INCC est sous l'autorité du Ministère belge de la Justice mais constitue une institution publique indépendante, sollicitée par la magistrature pour réaliser des expertises scientifiques. Il a pour mission de couvrir un large éventail de domaines d'expertise et de gérer les banques de données nationales balistique et génétique. La recherche et le développement en matière criminalistique font aussi partie de ses attributions.

* Laboratoire Fibres et Textiles, Section Chimie analytique générale, Institut National de Criminalistique et de Criminologie (INCC), Chaussée de Vilvorde 100, B-1120 Bruxelles (Belgique).
Courriel : laurent.lepot@just.fgov.be
<http://nicc.fgov.be>