

La datation des traces digitales (partie I): revue critique

par Aline GIROD* et Céline WEYERMANN*

Résumé

«Quel est l'âge de cette trace digitale?» Cette question est relativement souvent soulevée au tribunal, lorsque la personne suspectée admet avoir laissé ses empreintes digitales sur une scène de crime mais prétend l'avoir fait à un autre moment que celui du crime et pour une raison innocente. Au travers de différents exemples américains et européens, ce premier article met en évidence le manque de consensus actuel dans les réponses données à cette question par les experts du domaine. Cette disparité dans le traitement des cas de datation de traces digitales est sans doute due au fait qu'aucune méthodologie n'est pour l'heure validée et acceptée par l'ensemble de la communauté forensique. En effet, cet article recense les études menées sur la datation des traces digitales sous forme d'une revue critique et met ainsi en évidence le fait que la plupart de ces méthodes souffrent de problèmes limitant leur application pratique. Toutefois, cette revue permet également d'identifier une approche ayant le potentiel d'apporter des réponses pratiques aux questions de datation, à savoir l'approche se basant sur l'étude du vieillissement de composés cibles intrinsèques aux traces digitales. Cette approche prometteuse ouvre des pistes afin de proposer une méthodologie formelle de datation des traces digitales. Une telle proposition permettrait d'apporter une information pertinente à la justice et fera l'objet de la seconde partie de cet article.

Mots-clés: traces digitales, empreintes digitales, datation, revue, vieillissement, composition

Summary

“How old is this fingermark?” This question is relatively often raised in trials when suspects admit that they have left their fingermarks on a crime scene but allege that the contact occurred at a time different to that of the crime and for legitimate reasons. Through different American and European examples, this first article highlights the actual lack of consensus among the answers given to this question by fingermark experts. This disparity in the way fingermark dating cases are managed is probably due to the fact that no methodology has been validated and accepted by the whole forensic community so far. In fact, this article records the studies conducted on fingermark dating in a critical review and highlights the fact that most proposed methodologies still suffer from limitations preventing their use in practice. Nevertheless, one approach described in this review seems promising to find answers to the fingermark dating questions. This approach is based on the study of the aging processes of target compounds detected in fingermark residue. Based on this approach, a formal methodological framework for fingermark dating cases can be proposed in order to produce relevant information for the justice. Such a proposition will be formulated and discussed in the second part of this article.

Keywords: fingerprints, fingermarks, dating, review, aging, composition

* Institut de Police Scientifique, Université de Lausanne, Batochime, CH-1015 Lausanne, Suisse.

Introduction

Un acte criminel, tout comme n'importe quel événement, peut se définir par une unité d'action, de lieu et de temps (Weyermann et Ribaux 2012). Bien que l'investigation policière permette en général de récolter des informations quant à l'unité de lieu et d'action d'un crime, elle peine parfois à fournir des indications quant à l'unité de temps (Martin, Delémont et al. 2010; Weyermann et Ribaux 2012). Toutefois, cette notion de temps, caractérisée notamment par son irréversibilité, est fondamentale à la compréhension de toute succession d'évènements et de ce fait constitue la base de tout raisonnement scientifique, notamment en science forensique (Margot 2000). En effet, lorsqu'il s'agit de résoudre un crime, le but est de comprendre un événement s'étant déroulé dans le passé, événement influencé par des situations antérieures et influençant des évènements postérieurs mais sur lequel ces derniers n'auront plus aucune influence (Kind 1987). De plus, la notion de temps en science forensique est également directement liée à une autre pierre angulaire de la discipline, à savoir celle de la pertinence des traces. Une trace pertinente est, de manière générale, définie par Stoney comme ayant été laissée par le criminel lors de la commission du crime (Aitken et Stoney 1991). Ceci implique donc qu'une trace pertinente se doit d'avoir été laissée AVANT l'investigation sur la scène de crime, puisqu'elle y est découverte. Il est donc clair que la notion de temps fait partie intégrante du concept de pertinence, ce qui renforce l'importance d'obtenir de l'information quant à cette unité.

Cette notion de temps peut véritablement s'avérer cruciale à la résolution de crimes ou d'infractions. En effet, si une trace digitale est par exemple laissée (*action*) sur une scène de crime (*lieu*) puis prélevée, elle peut permettre l'identification directe d'une personne suspecte. Toutefois, si cette personne soutient qu'elle s'est rendue sur la scène de crime à un autre moment que celui de l'infraction (*temps*) et pour une raison légitime, la datation de la trace devient le point critique de l'investigation.

Ce point critique est illustré par de nombreux exemples, notamment aux Etats-Unis. En effet, il y a beaucoup de cas américains reportant la nécessité de pouvoir se prononcer sur l'âge des traces digitales afin que le tribunal puisse conclure à la culpabilité ou l'innocence d'une personne suspecte; c'est pourquoi les cours américaines ont permis à de nombreuses reprises aux experts de l'accusation de se prononcer de manière relativement précise sur l'âge des traces digitales. Pour illustrer cette situation, mentionnons les cas *Hearn v. State* (1), *State v. Hulbert* (2), *Armstrong v. State* (3) et *Mac Kenny v. the State of Texas* (4). Dans ces cas, les accusés se défendaient en affirmant avoir déposé les traces digitales de question à un autre moment que celui du crime, à savoir avant que ce dernier ne se produise. Les experts de l'accusation ont été autorisés à témoigner concernant l'âge des traces digitales, en affirmant que les traces de question avaient respectivement 10-24 heures, entre 0-2 jours, étaient «fraîches» (par opposition à 3 semaines comme prétendu par le suspect) et âgées de moins de 48h, ce qui a conduit à chaque fois

à la condamnation des suspects. Ces affirmations ont été faites sur la base de l'expérience des experts, notamment en considérant la rapidité de réaction des traces digitales avec les méthodes de détection (principalement des poudres). Dans ces cas, il a été statué que la détermination de l'âge d'une trace digitale relève de l'opinion éclairée d'un expert basée sur l'étendue de son expérience et qu'il s'agit donc d'un élément parfaitement tangible et recevable permettant la condamnation d'une personne suspectée.

Il existe toutefois quelques exceptions à cette tendance récurrente à la formulation de témoignages précis quant à l'âge des traces digitales aux Etats-Unis. En effet, dans certains cas, il est mentionné que la datation des traces digitales n'est pas possible et cette question est donc contournée afin de formuler un jugement plus général, allant souvent dans le sens de la défense. Par exemple, dans le cas *United States v. Collon* (5) concernant le cambriolage à main armée d'une banque, une trace digitale développée sur une carte indiquant l'emplacement de la banque cambriolée est identifiée comme appartenant au suspect. L'expert du gouvernement témoigna que cette trace digitale pouvait avoir été déposée depuis une période de temps non définissable. Suite à cela, la Cour observa que cette carte avait pu être touchée de manière totalement innocente pour une raison non liée au crime. Dans ce cas, il a donc été jugé que l'information apportée par la découverte de cette trace digitale, qu'elle puisse être datée ou non, ne suffisait pas à condamner la personne suspectée. Une réflexion similaire a été menée par le juge Gladys Kessler de la Cour d'appel du district de Colombie (6). Dans ce cas de cambriolage et vol, la seule preuve de culpabilité de la personne suspectée était une trace digitale développée sur un bombonne de parfum d'ambiance retrouvée près de la voie d'accès. La Cour jugea dans ce cas que la trace digitale seule n'était pas une preuve de culpabilité suffisante puisqu'elle avait été retrouvée sur un objet mobile et accessible au grand public. De plus, il fut statué que si une telle trace pouvait à elle seule conduire à un verdict de culpabilité, cela mettrait en danger d'accusation toute personne ayant touché un objet quelconque se retrouvant ensuite sur une scène de crime, ce qui est parfaitement inconcevable.

Dans le contexte européen, les cas de datation des traces digitales sont également synonymes de questionnements. Pour certaines affaires, des estimations quant à l'âge des traces digitales ont été faites, principalement basées sur la qualité/facilité de développement des traces suite à l'application de technique de révélation telle que la poudre. Mentionnons ici Robert Heindl, un investigateur-criminologiste ayant introduit la dactyloscopie en Allemagne et qui affirme dans son livre «System und Praxis der Daktyloskopie» (parution de la 3^{ème} édition en 1927) que plus les traces digitales sont vieilles, plus elles se développent difficilement (Howorka 1989). Cette «croyance» semble actuellement être toujours présente chez certains praticiens, bien que dans des cas plus récents, de réelles interrogations ont été soulevées quant à la possibilité de dater une trace digitale, par les corps de police ou les avocats. Dans un cas de meurtre en Suède, par exemple, une trace digitale est révélée à l'aide de

poudre d'aluminium sur un boîtier téléphonique plastique clairement lié à l'acte criminel. Cette trace est le seul élément de preuve dans ce cas, et permet l'identification d'un suspect. Ce suspect est condamné dans un premier jugement, mais fait appel. L'avocat de la défense met en avant la question de l'âge de cette trace digitale, son client affirmant avoir été en contact avec le boîtier téléphonique en question quelques mois au préalable, dans un magasin de seconde main. Certains experts appelés à témoigner sur la question dirent ne pas pouvoir se prononcer sur l'âge de cette trace digitale. Toutefois, d'autres experts témoignèrent que la trace était plutôt fraîche (par rapport à un âge de quelques mois), en se basant sur l'aspect de la trace après développement à la poudre. L'avocat de la défense produisit alors une plaidoirie détaillée basée sur tous les articles scientifiques les plus récents traitant de la datation des traces digitales et démontra qu'il était actuellement impossible de répondre à cette question, ce qui conduisit à l'acquittement du suspect (7). Un exemple similaire s'est déroulé au sein d'un service d'identité judiciaire suisse lors d'un cas de cambriolage. Suite à l'application de fumigations au cyanoacrylate sur un monnayeur, une trace digitale permet l'identification d'un suspect. Comme cette personne affirme avoir déposé la trace de question trois ans avant l'infraction concernée, le juge en charge du dossier et le corps de police entreprennent des démarches pour demander l'avis de forensiciens travaillant sur le sujet de la datation des traces digitales, afin de recueillir un avis objectif et scientifique sur la question (8).

Ces exemples illustrent bien les enjeux juridiques entourant les questions liées à la datation des traces digitales. Ces questions peuvent également s'avérer importantes dans les phases antérieures de l'investigation, afin de permettre, en combinaison avec les informations d'enquête, l'orientation de cette dernière (Weyermann et Ribaux, 2012). Quelque soit la phase durant laquelle ces questions sont posées, il est évident qu'il règne un manque de consensus important dans la gestion de ces cas. En effet, les «croyances» sont toujours vivantes (datation basée sur l'aspect des traces, à l'œil nu), alors même qu'une certaine prise de conscience de la difficulté de ces cas semblent récemment voir le jour au sein des acteurs du système judiciaire et dans la littérature scientifique sur le sujet (McRoberts et Kuhn 1992; Midkiff 1993; Greenlees 1994; Wertheim 2003). Ce manque de consensus est certainement dû au fait que, malgré que l'importance de la datation des traces digitales ait été reconnue il y a plus d'un siècle déjà (Howorka 1989), les études menées sur le sujet n'ont pour l'heure pas permis de développer une méthode de datation des traces digitales reconnue et validée par l'ensemble de la communauté forensique. De plus, il est important de noter que la majorité des publications concernant la datation des traces digitales se concentrent principalement sur l'approche technique de la récolte de données, sans présenter concrètement leur cadre d'utilisation en tant qu'information à communiquer à la justice. Ce manque de cadre génère des situations peu claires où les acteurs du système judiciaire sont seuls à décider de la pertinence d'un témoignage d'experts concernant la datation des traces digitales.

Les pages suivantes se proposent donc de faire le point sur la question de la datation des traces digitales, en présentant une revue critique des méthodes de datation testées jusqu'à présent. Cette revue permettra de mettre en évidence le potentiel et les limitations de ces méthodes, tout en identifiant l'approche semblant la plus à même de fournir une information pertinente lors de cas de datation des traces digitales. Cette approche sera d'ailleurs reprise dans un second article afin de développer un cadre méthodologique formel permettant de clarifier l'information qu'il sera possible de fournir à la justice et de servir ainsi de premier pas vers l'obtention d'un consensus sur la question.

Revue critique des méthodes de datation des traces digitales

Il est possible de regrouper les différentes études menées sur le sujet en trois catégories principales selon les angles de recherche choisis:

- Utilisation des *informations d'enquête*
- Utilisation des *caractéristiques physiques* des traces digitales (avant ou après développement)
- Utilisation de la *composition chimique* des traces digitales

Tout d'abord, concernant la première catégorie, certains auteurs (Howorka 1989; Starrs 1998; Champod, Lennard et al. 2004) proposent d'utiliser les *informations d'enquête* récoltées durant l'investigation afin de fixer un âge maximum de la trace. L'exemple est donné d'une trace retrouvée sur une surface qui est normalement lavée toutes les semaines; dans ce cas, la trace peut au maximum être âgée d'une semaine.

Ce type de datation est indirecte et correspond à un «*marqueur temporel contextuel*» selon les notions définies par Weyermann et Ribaux (2012). Les informations ainsi recueillies peuvent être utiles à l'enquête, mais ne sont pas d'une grande précision et peuvent également être erronées (par exemple le fait qu'exceptionnellement, la surface n'ait pas ou pas suffisamment été lavée ou que le témoignage soit faux). C'est pourquoi il est recommandé de récolter ces informations lors de toute investigation, mais en étant conscient qu'elles ne permettent pas à elles seules de fournir une inférence fiable et valide quant à la datation des traces.

Ensuite, concernant les *caractéristiques physiques* des traces digitales (minuties, largeur des crêtes et vallées, présence des pores), une étude a formulé le postulat que celles-ci se modifient dans le temps de manière mesurable et constante; leur observation et comparaison sur des traces digitales d'âge connu permettraient ainsi d'estimer l'âge de traces digitales de question (Popa, Potorac et al. 2010). Dans le même ordre d'idée, d'autres auteurs (Howorka 1989; Wertheim 2003) ont rapporté l'utilisation de l'apparence d'une trace digitale après développement comme estimateur de son âge, en se basant sur la qualité de la révélation et, concernant les développements à

l'aide de poudre, sur l'adhérence de celle-ci (plus la qualité et l'adhérence sont bonnes, plus la trace est fraîche).

Toutefois, ces méthodes ont été critiquées et sont généralement considérées comme peu fiables car les différences observées peuvent également s'expliquer par différents facteurs d'influence (la nature du substrat ou les conditions de stockage par exemple) et non pas uniquement par l'âge réel de la trace (Almog, Sasson et al. 1979; Almog, Hirshfeld et al. 1982; Midkiff 1993; Wertheim 2003; Weyermann, Roux et al. 2011). De plus, concernant les traces développées, ces critiques sont corroborées par plusieurs exemples de cas rapportant le développement de traces jugées de très bonne qualité mais âgées pourtant de plusieurs années (Almog, Hirshfeld et al. 1982; Clements 1986; Greenlees 1994; Starrs 1998; Champod, Lennard et al. 2004). Toutefois, la «croyance» d'une relation entre qualité de développement et fraîcheur des traces est encore bien ancrée dans la pratique, puisque ces «techniques de datation» ont été utilisées par des experts ayant témoigné lors de jugements et que ces témoignages ont été pris en considération dans le verdict final.

D'autres publications se basent sur des réflexions similaires, en prenant toutefois en compte certains facteurs d'influence. Schwabenland (1992) rapporte par exemple un cas de comparaison de la qualité entre une trace de question poudrée et des traces de comparaison déposées dans des conditions les plus similaires possibles à celles dans lesquelles la trace de question avait été retrouvée. Les conditions de stockage, le type de support ainsi que certains attributs du donneur (contact avec de la nourriture grasse) ont été considérés. Ces traces de comparaison ont été vieillies plus ou moins longtemps puis poudrées et évaluées. Toutefois, cette expérience fut critiquée rapidement après sa publication car, malgré tous les facteurs d'influence pris en compte, les traces de comparaison n'étaient pas celles du suspect mais celles de l'investigateur. En d'autres termes, l'influence de la composition initiale des traces digitales n'avait pas été considérée, alors même que celle-ci peut varier d'une personne à l'autre et ainsi influencer la qualité de révélation à la poudre (McRoberts et Kuhn 1992). Une publication bien plus récente fait également état d'un même genre d'expérimentation et ne prend pas non plus en compte la composition initiale des traces digitales (De Alcaraz-Fossoul, Mestres Patris et al. 2013). Dans cette étude comprenant de nombreux paramètres contrôlés, une approche de datation de traces digitales développées à la poudre est présentée, basée sur l'évaluation de l'aspect de nombreuses traces digitales stockées dans différentes conditions. Cette publication donne ensuite l'estimation de l'âge d'une trace développée dans un cas réel, basée sur les informations recueillies à l'aide des traces utilisées pour l'étude, c'est-à-dire les traces des auteurs de la publication et non pas du suspect identifié dans le cas présenté. Ce type de datation peut s'avérer intéressant, mais il est impératif que la composition initiale soit prise en compte. Ainsi, des études approfondies sont encore nécessaires avant son utilisation dans des cas réels. En effet, les critères utilisés pour juger de la qualité de la révélation ne sont pas clairement explicités, ce qui donne un aspect subjectif aux conclusions tirées.

Par contre, une approche similaire considérant cette fois la composition initiale a été développée en Pologne (Holyst 1987; Baniuk 1990) et est utilisée en routine depuis 1970 déjà, mais uniquement pour les traces déposées sur des surfaces lisses et non absorbantes. Le principe de datation utilisé ici se base sur l'étude des changements dans le temps de la morphologie des lignes papillaires. Une banque de données de traces d'âges différents ayant subi des facteurs d'influence a ainsi été créée. Les traces de question sont tout d'abord comparées aux traces du suspect vieillies dans les conditions de dépôt initiales. Puis, une estimation probabiliste de l'âge de la trace est donnée sur la base des connaissances des experts sur les mécanismes de formation et de vieillissement des traces digitales et de statistiques issues de la banque de données. Cette méthodologie a tout d'abord été critiquée car elle ne donne pas de réponses catégoriques mais probabilistes (Marcinowski 2000). Toutefois, l'établissement de conclusions probabilistes s'avérant être une solution de choix en science forensique, cette critique ne semble pas fondée (Baniuk 2000; Champod, Lennard et al. 2004; Aitken et Taroni 2004) Le fait que l'expérience du scientifique joue apparemment un grand rôle dans les estimations effectuées soulève tout de même des questions; cette expérience a certes une valeur importante dans tout processus évaluatif (concernant tout type de trace) mais peut être influencée par différents biais, la rendant ainsi sujette à caution (Midkiff 1993; Langenburg, Champod et al. 2009; Bynoe 2010). De plus, soulignons encore que cette méthodologie est limitée par le fait qu'elle ne fonctionne que pour un certain type de surface (lisse) et ne fait pas l'unanimité du monde scientifique puisque la Pologne est le seul pays à l'utiliser en routine.

Dans le même ordre d'idée, citons encore les travaux d'un groupe allemand se basant sur l'hypothèse que le contraste d'une image de trace digitale va diminuer lorsque la trace vieillit. Pour leur étude, ce groupe utilise donc un capteur CWL permettant la capture d'images de traces digitales de haute résolution pour ensuite en extraire un paramètre représentant le contraste de l'image (Merkel, Bräutigam et al. 2011; Merkel, Dittmann et al. 2011; Merkel, Gruhn et al. 2012). Ils ont démontré que le contraste des traces digitales d'un donneur semble effectivement diminuer (selon une loi logarithmique) avec l'augmentation de leur âge, et ce en conditions de laboratoire sur des surfaces lisses pour un vieillissement allant jusqu'à 24h. Un vieillissement plus long avec différents donneurs a mis en lumière des difficultés dues à la variabilité entre donneurs (intervariabilité) et au sein des traces d'un même donneur (intravariabilité). De plus, il a été observé que des contaminants se déposaient de manière aléatoire sur les traces avec le temps (poussières par exemple) et créaient des distorsions sur les images. Cette méthodologie a l'avantage d'être non-destructive (la trace n'est pas touchée par le capteur) mais semble toutefois limitée, d'autant plus qu'elle n'est applicable que sur des traces visibles et semble donc exclure les supports poreux (puisque l'application de méthodes de révélation au préalable ne semble pas possible).

Enfin, passons aux études concernant la datation des traces digitales se basant sur *le vieillissement de leurs composants intrinsèques* (approche de

datation appelée «*vieillesse*» selon les notions définies par Weyermann et Ribaux (2012).

Se différenciant quelque peu des études qui seront exposées ci-dessous, il est utile de mentionner tout d'abord l'expérimentation d'Angst (1962) sur la migration des ions chlorures. Le principe de cette méthode se base sur le postulat que les ions chlorures, présents dans les sécrétions eccrines des traces digitales, migrent et diffusent dans le papier proportionnellement au temps écoulé. La forme de la diffusion peut être mise en évidence par l'utilisation du nitrate d'argent, réactif de développement des traces digitales réagissant avec les chlorures. Angst propose donc d'étudier l'image révélée du côté où la trace a été déposée ainsi que de l'autre côté, où la révélation aura également lieu proportionnellement à la diffusion des ions et donc à l'âge de la trace. L'observation de la forme de la diffusion permet ainsi, sur la base de l'expérience du scientifique et en tenant compte des conditions de stockage pouvant influencer la migration des chlorures (telle l'humidité), d'estimer l'âge de la trace. Cette méthodologie souffre de différents points faibles: elle n'est utilisable que sur le papier, l'observation de la forme de la diffusion et les conclusions tirées semblent dépendre uniquement de l'expérience du scientifique et aucune solution n'est donnée concernant l'effet des conditions de stockage, alors que celles-ci ne seront que rarement connues dans un cas réel. C'est certainement pour toutes ces raisons que cette méthodologie ne semble jamais avoir été reprise dans une étude postérieure.

Mise à part l'étude d'Angst (1962) que l'on vient de décrire, de manière générale, le principe de datation testé dans toutes les autres études considérant la composition chimique consiste à mesurer analytiquement les modifications de la composition des traces digitales dans le temps.

Des tentatives de datation ont donc été réalisées par chromatographie sur couche mince (CCM) et chromatographie liquide à haute performance (HPLC) en visant principalement les lipides (Dikshitulu, Prasad et al. 1986) ou par CCM liée à une détection par spectroscopie de luminescence en visant des composés luminescents non identifiés (Dalrymple, Duff et al. 1977; Duff et Menzel 1978; Menzel 1992). L'idée derrière ces premières tentatives était d'identifier des composés montrant un comportement différent dans le temps, à savoir respectivement une différence de migration, d'intensité des pics dans les chromatogrammes ou de luminescence. Toutefois, les résultats ne se sont pas montrés concluants, principalement à cause du manque de sensibilité des techniques.

Cette problématique a pu être contournée vers la fin des années 1990, grâce au développement des techniques analytiques et principalement la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS). L'avènement de colonnes à haute température a permis, comme l'avait prédit Olsen (1987), de séparer des composés nettement moins volatiles, tels que les lipides. De plus, les développements en spectrométrie de masse ont donné la possibilité d'obtenir une sensibilité plus élevée et ont ainsi permis l'identification de nouveaux composés. C'est pourquoi les études ayant trait à la compo-

sition ou datation des traces digitales effectuées à partir des années 1990 se sont principalement intéressées à la GC/MS. Cette dernière a notamment été utilisée pour analyser les lipides présents dans les traces digitales et mettre en évidence des différences de composition significatives entre enfants et adultes (Buchanan, Asano et al. 1996), souligner l'absence de différences significatives entre hommes et femmes (Asano, Bayne et al. 2002) ou encore démontrer l'intervariabilité (variabilité entre les traces de donneurs différents) et l'intravariabilité (variabilité entre les traces d'un même donneur) de la composition des traces digitales (Archer, Charles et al. 2005; Jickells 2008; Weyermann, Roux et al. 2011). La GC/MS a également été utilisée avec succès pour obtenir des informations sur les acides gras et les acides aminés présents dans les traces digitales en une seule analyse (Croxton, Baron et al. 2006; Croxton, Baron et al. 2010). Ces études ont également mis en évidence la variabilité des acides gras (intravariabilité et intervariabilité élevées) et la relative stabilité des acides aminés (intravariabilité et intervariabilité faibles). Une revue récente résume l'ensemble des études effectuées sur la composition des traces digitales (Girod, Ramotowski et al. 2012).

Concernant plus spécifiquement la datation des traces digitales, Wertheim (2003) propose une brève revue des méthodes testées, en concluant que l'avenir de la datation de ces traces réside dans l'analyse de leur composition chimique, notamment par GC/MS. En effet, comme il paraît impossible de recréer les conditions exactes de déposition des traces digitales dans un cas réel, une solution pourrait résider dans l'identification de composés peu sensibles aux fluctuations de l'environnement et se modifiant régulièrement dans le temps. Un premier pas vers l'identification de tels composés a été fait par Archer et al. dans leur étude sur le vieillissement du squalène et d'acides gras dans les traces digitales à l'aide de la GC/MS (Archer, Charles et al. 2005). Toutefois, il semble que ces composés montrent des comportements quelque peu différents lorsque le vieillissement a lieu dans l'obscurité ou à la lumière, ce qui peut s'avérer problématique pour une utilisation telle que proposée par Wertheim. L'étude la plus récente sur la datation des traces digitales, également basée sur l'analyse GC/MS, a montré qu'il était possible d'analyser la dégradation des composés lipidiques dans le temps et de construire des courbes de vieillissement reproductibles. Ces dernières peuvent donc s'avérer particulièrement utiles pour le développement d'une méthode de datation basée sur des résultats analytiques (Weyermann, Roux et al. 2011). Toutefois, ce type de datation se heurte également aux problèmes des modifications causées non seulement par le temps, mais également par différents facteurs d'influence, tels la nature du substrat ou encore les conditions de stockage. Ces paramètres doivent donc être pris en compte pour pouvoir proposer une méthode de datation fiable. De plus, afin de permettre une datation précise des traces digitales sur la base de résultats analytiques, il faut également identifier des constituants cibles dont l'intravariabilité (différence entre les résidus des traces de la même personne) est la plus faible possible et dont la cinétique de vieillissement est stable et mesurable. Concernant ce dernier point, il a été possible de mettre en

évidence trois composés potentiellement intéressants: le cholestérol (CHOL), le squalène (SQUAL) ainsi que l'ester de cire myristyle myristate (MM) (Koenig, Girod et al. 2011; Weyermann, Roux et al. 2011). En effet, par le calcul du rapport entre les aires des pics de ces composés, ces études ont montré qu'il était possible de réduire l'intravariabilité de la composition initiale et d'obtenir des courbes de vieillissement potentiellement exploitables. Ces résultats préliminaires doivent donc être approfondis (notamment concernant les facteurs d'influence) et il serait également utile de formuler une approche formelle d'utilisation de tels résultats dans un contexte pratique.

A partir des années 2000, les quelques études menées sur la composition et le vieillissement des traces digitales ont également tiré parti des développements dans la spectrométrie de masse associée à différentes méthodes d'ionisation. Ces dernières permettent de fragmenter les molécules de l'échantillon de manière spécifique pour ainsi créer un spectre de masse permettant l'identification de certains composés. De manière générale, lorsque ces techniques sont utilisées pour analyser la composition des traces digitales et ses modifications dans le temps, les différences d'intensité des fragments spécifiques produits sont étudiées pour des traces digitales fraîches et âgées. L'apparition et la disparition de certains fragments dans le temps sont également considérées, puisque cela représente la présence de nouveaux composés ou l'absence de composés présents précédemment. La spectrométrie de masse à désorption-ionisation laser assistée par matrice (MALDI/MS) a par exemple été utilisée pour étudier le vieillissement de l'acide oléique dans des traces digitales jusqu'à sept jours, mettant en évidence la possibilité de construire des courbes de vieillissement de ce composé et la non-destructivité de cette technique (Wolstenholme, Bradshaw et al. 2009). La spectrométrie de masse à ionisation secondaire (SIMS) a également été proposée pour analyser la composition des traces digitales (Sisco, Demoranville et al. 2013) ainsi que pour dater une trace digitale de manière relative (Bailey, Jones et al. 2010). Cette dernière recherche a effectivement mis en évidence la possibilité de déterminer la séquence de déposition entre un trait d'encre et une trace digitale (approche de datation de type «*chronologie*» selon Weyermann et Ribaux (2012)). Toutefois, ces méthodes nécessitent encore de nombreux développements et améliorations pour être applicables dans le cadre d'une enquête policière, notamment en termes de complexité des analyses, de coûts et d'application sur des substrats réels en conditions non standardisées.

Notons que toutes les méthodes de datation présentées ci-dessus, mis à part la méthode basée sur les caractéristiques physiques des traces digitales développée par la Pologne, ne sont pour l'instant pas utilisées dans la pratique. De plus, l'applicabilité de ces méthodes est fortement débattue puisqu'aucune d'entre elle n'a été testée dans des conditions proche de la réalité, ce qui est essentiel à l'utilisation pratique de toute méthode (Aitken et Stoney 1991; Miller et Miller 2005). Ces éléments expliquent certainement pourquoi ces méthodes n'ont pas encore fait l'objet de validation par l'ensemble de la communauté forensique.

Toutefois, les développements utilisant l'analyse GC/MS (méthode répandue et peu coûteuse) pour détecter les variations de composition dans le temps semblent particulièrement prometteurs. En effet, les composés lipidiques peuvent potentiellement être des cibles d'intérêt puisqu'ils montrent un vieillissement mesurable dans le temps. Toutefois, l'acquisition de données supplémentaires est encore nécessaire pour bien comprendre la variabilité des composés sélectionnés. De plus, il est nécessaire de déterminer précisément la manière d'appréhender un cas réel de datation de traces digitales ainsi que le type d'information pouvant être fourni au système judiciaire. Il est donc impératif que ces développements s'accompagnent de la création d'une méthodologie formelle permettant l'utilisation et l'interprétation de telles données.

Conclusion

Il existe de nombreux exemples de cas soulignant les enjeux juridiques entourant les questions liées à la datation des traces digitales. De plus, ces questions peuvent également s'avérer importante dans les phases antérieures de l'investigation, afin d'orienter cette dernière ou dans une approche proactive de surveillance basée sur le renseignement forensique. Toutefois, la revue présentée dans cet article met en exergue le fait qu'il n'existe actuellement aucune méthode validée et acceptée par l'ensemble de la communauté forensique.

Il semble que pour l'heure, les études portant sur le vieillissement des composés intrinsèques aux traces digitales soient les plus prometteuses. Wertheim (2003) avait déjà proposé une telle approche. En particulier, le vieillissement de certains composés lipidiques semble pouvoir être modélisé et pourrait donc potentiellement servir d'outil pour estimer l'âge d'une trace digitale. Toutefois, des données supplémentaires doivent encore être acquises afin d'identifier et quantifier les composés cibles d'intérêt. Il est entre autre essentiel de déterminer leur intravariabilité (variabilité entre les traces digitales provenant d'un même donneur), ainsi que le type de modèle permettant au mieux de représenter leur vieillissement. De plus, la technique analytique la plus adaptée à l'analyse de ces composés cibles doit également être identifiée. Les impératifs liés à l'utilisation de la technique dans la pratique, à savoir notamment la rapidité, la simplicité et le coût d'analyse doivent alors être pris en compte. Enfin, ces développements techniques doivent impérativement s'accompagner de réflexions quant à l'utilisation et l'interprétation de telles données, afin de savoir, pratiquement, comment appréhender un réel cas de datation de traces digitales. En effet, des réflexions concernant le développement d'une approche formelle doivent être menée afin de permettre de clarifier l'information que l'expert est capable de fournir à la justice. De telles réflexions feront l'objet de la seconde partie de cet article, dans laquelle une formalisation de la question de datation des traces digitales sera proposée, afin d'initier la définition d'une méthodologie reconnue scientifiquement.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier tout particulièrement Robert Ramotowsky des services secrets américains, ainsi que les services de polices scientifiques suisses et suédois pour les informations fournies concernant les exemples de cas décrits dans cet article. Les auteurs aimeraient également remercier le fonds national suisse de la recherche scientifique pour son soutien (Fonds no. PP00P1_123358).

Bibliographie

- Aitken, C. G. G. et Stoney, D. A. (1991). *The use of statistics in forensic science*. CRC Press.
- Aitken, C. G. G. et Taroni, F. (2004). *Statistics and the evaluation of evidence for forensic scientists*. Hoboken, NJ, John Wiley & Sons.
- Almog, J., Hirshfeld, A. et Klug, J. T. (1982). *Reagents for the chemical development of latent fingerprints: Synthesis and properties of some ninhydrin analogues*. *Journal of Forensic Sciences* 27(4): 912-917.
- Almog, J., Sasson, Y. et Anati, A. (1979). *Chemical reagents for the development of latent fingerprint, II: Controlled addition of water vapor to iodine fumes - A solution to the aging problem*. *Journal of Forensic Sciences* 24(2): 431-436.
- Angst, E. (1962). *Procédé pour la détermination de l'âge d'empreintes dactyloscopique sur le papier*. *Revue internationale de criminologie et de police technique* 16: 134-146.
- Archer, N. E., Charles, Y., Elliott, J. A. et Jickells, S. (2005). *Changes in the lipid composition of latent fingerprint residue with time after deposition on a surface*. *Forensic Science International* 154(2-3): 224-239.
- Asano, K. G., Bayne, C. K., Horsman, K. M. et Buchanan, M. V. (2002). *Chemical composition of fingerprints for gender determination*. *Journal of Forensic Sciences* 47(4): 805-807.
- Bailey, M. J., Jones, B. N., Hinder, S., Watts, J., Bleay, S. et Webb, R. P. (2010). *Depth profiling of fingerprint and ink signals by SIMS and MeV SIMS*. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 268(11-12): 1929-1932.
- Baniuk, K. (1990). *Determination of age of fingerprints*. *Forensic Science International* 46(1-2): 133-137.
- Baniuk, K. (2000). *Polemics - Importance of laboratory experiment in fingerprint age determination*. *Problemy Kryminalistyki*: 69-71.
- Buchanan, M. V., Asano, K. et Bohanon, A. (1996). *Chemical characterization of fingerprints from adults and children*. *Forensic Evidence Analysis and Crime Scene Investigation, SPIE (International Society for Optical Engineering)* 2941: 89-95.
- Bynoe, S. (2010). *President Message*. *Academy News* 40(5): 1-4.
- Champod, C., Lennard, C., Margot, P. et Stoilovic, M. (2004). *Fingerprints and other ridge skin impressions*. CRC Press.
- Clements, W. W. (1986). *Latent Fingerprints - One Year Later*. *Fingerprint Whorld* October.
- Croxtton, R. S., Baron, M. G., Butler, D., Kent, T. et Sears, V. G. (2010). *Variation in amino acid and lipid composition of latent fingerprints*. *Forensic Science International* 199(1-3): 93-102.
- Croxtton, R. S., Baron, M. G., Butler, D., Kent, T. et Sears, V. G. (2006). *Development of a GC-MS method for the simultaneous analysis of latent fingerprint components*. *Journal of Forensic Sciences* 51(6): 1329-1333.
- Dalrymple, B. E., Duff, J. M. et Menzel, E. R. (1977). *Inherent fingerprint luminescence—detection by laser*. *Journal of Forensic Sciences* 22(1): 106-115.
- De Alcaraz-Fossoul, J., Mestres Patris, C., Balaciart Muntaner, A., Barrot Feixat, C. et Gené Badia, M. (2013). *Determination of latent fingerprint degradation patterns - A real fieldwork study*. *International Journal of Legal Medicine* 127(4): 857-870.

- Dikshitulu, Y. S., Prasad, L., Pal, J. N. et Rao, C. V. (1986). *Aging studies on fingerprint residues using thin-layer and high performance liquid chromatography*. *Forensic Science International* 31(4): 261-266.
- Duff, J. M. et Menzel, E. R. (1978). *Laser assisted thin-layer chromatography and luminescence of fingerprints: An approach to fingerprint age determination*. *Journal of Forensic Sciences* 23(1): 129-134.
- Girod, A., Ramotowski, R. et Weyermann, C. (2012). *Composition of fingermark residue: a qualitative and quantitative review*. *Forensic Science International* 223(1-3): 10-24.
- Greenlees, D. (1994). *Age determination - Case report*. *Fingerprint Whorld* 20(76): 50-52.
- Holyst, B. (1987). *Kriminalistische Abschätzung des Spurealters bei Fingerpapillarlinien*. *Archiv für Kriminologie* 179: 94-103.
- Howorka, H. (1989). *Question relating to the determination of the age of objects assuming relevance in criminal investigations*. *Fingerprint Whorld July*: 23-28.
- Jickells, S. M. (2008). *Fingerprinting: Into the future*. *Measurement and Control* 41(8): 243-247.
- Kind, S. (1987). Chapter 5: Time and Sequence. *The Scientific Investigation of Crime*, Forensic Science Services, Harrogate, England: 106-389.
- Koenig, A., Girod, A. et Weyermann, C. (2011). *Identification of wax esters in fingermark residues by GC/MS and their potential use as aging parameters*. *Journal of Forensic Identification* 61(6): 652-676.
- Langenburg, G., Champod, C. et Wertheim, P. (2009). *Testing for potential contextual bias effects during the verification stage of the ACE-V methodology when conducting fingerprint comparisons*. *Journal of Forensic Sciences* 54: 571-582.
- Marcinowski, M. (2000). *Evaluation of fingerprint age determination methods*. *Problemy Kryminalistyki*: 62-68.
- Margot, P. (2000). *A question of time*. *Science & Justice* 40(2): 64-71.
- Martin, J. C., Delémont, O., Esseiva, P. et Jacquat, A. (2010). *Investigation de scène de crime*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Collection sciences forensiques.
- McRoberts, A. L. et Kuhn, K. E. (1992). *A Review of the casereport – "Determining the evaporation rate of latent impressions on the exterior surfaces of aluminium beverage cans"*. *Journal of Forensic Identification* 42(3): 213-218.
- Menzel, E. R. (1992). *Fingerprint age determination by fluorescence*. *Journal of Forensic Sciences* 37(5): 1212-1213.
- Merkel, R., Bräutigam, A., Kraetzer, C., Dittmann, J. et Vielhauer, C. (2011). *Evaluation of binary pixel aging curves of latent fingerprint traces for different surfaces using a Chromatic White Light (CWL) sensor*. MM and Sec'11 - Proceedings of the 2011 ACM SIGMM Multimedia and Security Workshop: 41-50.
- Merkel, R., Dittmann, J. et Vielhauer, C. (2011). *Approximation of a mathematical aging function for latent fingerprint traces based on first experiments using a Chromatic White Light (CWL) sensor and the binary pixel aging feature*. *International Federation for Information Processing (IFIP)*: 59-71.
- Merkel, R., Gruhn, S., Dittmann, J., Vielhauer, C. et Bräutigam, A. (2012). *On non-invasive 2D and 3D Chromatic White Light image sensors for age determination of latent fingerprints*. *Forensic Science International* 222(1-3): 52-70.
- Midkiff, C. R. (1993). *Lifetime of a latent print. How long? Can you tell?* *Journal of Forensic Identification* 43(4): 386-392.
- Miller, J. N. et Miller, J. C. (2005). *Statistics and chemometrics for analytical chemistry*. Pearson, Prentice Hall.
- Olsen, R. D. (1987). *Chemical dating techniques for latent fingerprints: A preliminary report*. *The Identification News*: 10-12.
- Popa, G., Potorac, R. et Preda, N. (2010). *Method for fingerprints age determination*. *Romanian Journal of Legal Medicine* 18(2): 149-154.

- Schwabenland, J. F. (1992). *Case report - Determining the evaporation rate of latent impressions on the exterior surfaces of aluminium beverage cans*. *Journal of Forensic Identification* 42(2): 84-90.
- Sisco, E., Demoranville, L. T. et Gillen, G. (2013). *Evaluation of C60 secondary ion mass spectrometry for the chemical analysis and imaging of fingerprints*. *Forensic Science International* 231(1-3): 263-269.
- Starrs, J. E. (1998). *The aging of fingerprints*. *Scientific Sleuthing Review - forensic science in courts* 22(2): 1-3.
- Wertheim, K. (2003). *Fingerprint age determination: Is there any hope?* . *Journal of Forensic Identification* 53(1): 42-49.
- Weyermann, C. et Ribaux, O. (2012). *Situating forensic traces in time*. *Science and Justice* 52(2): 68-75.
- Weyermann, C., Roux, C. et Champod, C. (2011). *Initial results on the composition of fingerprints and its evolution as a function of time by GC/MS analysis*. *Journal of Forensic Sciences* 56(1): 102-108.
- Wolstenholme, R., Bradshaw, R., Clench, M. R. et Francese, S. (2009). *Study of latent fingermarks by matrix-assisted laser desorption/ionisation mass spectrometry imaging of endogenous lipids*. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 23: 3031-3039.

Notes

- 1 Hearn v. State (1972). Court of Criminal Appeals of Texas (No. 483, S.W.2d 461, 463).
- 2 State v. Hulbert (1981). Court of Appeals of Missouri (No. 621, S.W.2d 310).
- 3 Armstrong v. State (1987). Court of Criminal Appeals of Oklahoma (No. 176, 742 P.2d 565).
- 4 Mac Kenny v. the State of Texas (2002). Appeal from 248th District Court of Harris County, Court of Appeals for the first district of Texas (No. 851,630).
- 5 United States v. Collon (1970). United States Court of Appeals, Sixth Circuit (No. 426 F.2d 939).
- 6 In re J.C.M. (1985). Court of Appeals for the district of Columbia (No. 502 A.2d 472).
- 7 Communication personnelle, avec l'autorisation de l'investigateur en charge de l'affaire (Suède, 2013)
- 8 Communication personnelle, avec l'autorisation du magistrat en charge de l'affaire (Suisse, 2013).