

## **LES APPORTS DE LA PHYSIQUE ET DE LA CHIMIE DANS LES ENQUETES POLICIERES**

**René Machiroux**

### **I. Avant le Docteur Edmond Locard**

Dès les premiers âges de l'Humanité, les hommes ont appliqué, à la recherche des auteurs d'actes répréhensibles, tous les moyens, aussi rudimentaires soient-ils, dont ils disposaient.

Dans les temps anciens, on fit appel à des pratiques de sorcellerie, aux duels judiciaires et même à la torture, heureusement abolie au XVIII<sup>e</sup> siècle par le roi Louis XVI.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, l'évolution explosive des connaissances scientifiques a donné une orientation nouvelle à la recherche criminelle. Les travaux d'Orfila et de Raspail en toxicologie, de Vidocq, initiateur du casier judiciaire, de Herschell, Faulds et Galton en matière d'empreintes digitales et de Bertillon, créateur de l'anthropométrie, ont préparé l'éclosion d'une nouvelle discipline scientifique connue, à l'heure actuelle, sous l'appellation de *Criminalistique*.

### **II. La microscopie contre le crime**

En Europe, la criminalistique prit un réel essor aux environs de 1920, sous l'impulsion du Docteur Edmond Locard. À la fois médecin et avocat, il était un partisan convaincu de la mise en œuvre des méthodes scientifiques dans les recherches policières. Il

bataillait ferme pour venir à bout de la passivité et de l'incrédulité des autorités municipales de la ville de Lyon afin de créer, dans cette ville, un laboratoire de police scientifique.

Il résolut rapidement un cas de viol suivi de meurtre. Il procéda, avec succès, à la comparaison, sous le microscope, de grains de pollen collectés sur les vêtements du principal suspect et des grains de pollen de fleurs croissant uniquement sur les lieux du crime. En 1847, le meurtre de la comtesse de Choiseul-Praslin avait été élucidé par le professeur Tardieu, par l'examen, au microscope, de la crosse d'un pistolet, arme du crime.

En fait, le principal mérite du Dr E. Locard réside dans la création, à Lyon, du premier Laboratoire de Police Scientifique.

### **III. Le microscope et les balles**

En 1912, le Professeur Balthazard, médecin légiste très connu, eut à éclaircir le cas d'un homme atteint de plusieurs projectiles à la tête. La comparaison des projectiles mortels et de projectiles tirés par l'arme du présumé tueur ne conduisit à aucun résultat déterminant. Toutefois, sur des photographies fortement agrandies, le Professeur Balthazard parvint à mettre en évidence 85 points de similitude entre les deux séries de projectiles. Afin de confirmer la conclusion de l'examen, les balles devaient impérativement être présentées à la photographie dans des positions parfaitement identiques, ce qui présentait une certaine difficulté.

L'avalanche de meurtres par armes à feu qui déferla sur les Etats-Unis, entre 1920 et 1925, amena un groupe de 3 personnes, Max Poser de la Bausch and Lomb Optical Company, John H. Fisher, physicien et Philip O. Gravelle, chimiste, à étudier un dispositif optique permettant d'examiner deux projectiles simultanément. Ils réalisèrent un microscope pourvu de deux objectifs distincts, « regardant » l'un la balle suspecte, l'autre une balle témoin. Les images des plages vues par les deux objectifs occupaient, côte à côte,

les deux moitiés du champ de vision de l'oculaire. De plus, ce *microscope de comparaison* comportait deux éclairages distincts et deux supports séparés permettant de réaliser des conditions d'éclairage et d'orientation strictement identiques pour les deux projectiles. Lors du coup de feu, le passage dans le canon imprime sur la balle des traces qui sont en quelque sorte la signature de l'arme. Il en va de même pour la douille qui porte des marques de percussion sur l'amorce et, sur l'extérieur, des traces dues au fonctionnement de l'arme (pistolet et armes automatiques).

Au fil du temps, les chercheurs ont exigé, du microscope, des grossissements de plus en plus poussés. Des optiques de plus en plus performantes n'ont pas réussi à satisfaire cette exigence. L'examen des détails de plus en plus fins s'est révélé impossible : des phénomènes parasites produisaient des images floues inutilisables. Ce mécompte résultait de l'utilisation de lumière blanche. L'utilisation de lumières de longueur d'onde plus courte, l'ultraviolet par exemple, apporta quelques améliorations sans, toutefois, résoudre le problème.

La mise au point du *microscope électronique* vint soulever le voile qui dissimulait l'infiniment petit.

Cet instrument fonctionne, dans son principe, comme le microscope optique. La lumière blanche est remplacée par un faisceau d'électrons, particules chargées d'électricité qui sont focalisées sur l'objet à examiner, des champs électriques remplaçant les lentilles. Après avoir traversé, l'échantillon, le faisceau d'électrons est dirigé vers un écran fluorescent où apparaît l'image de la pièce examinée. Le gain réalisé sur le plan du pouvoir de grossissement permet d'étendre le champ d'application de la microscopie.

Dans le cas présent, puisque le faisceau d'électrons traverse l'échantillon, on parlera de *microscopie par transmission*. Ce processus présente essentiellement deux points faibles :

- a) pour limiter l'influence des phénomènes d'absorption, il est impératif d'utiliser des échantillons minces ;
- b) étant donné la section du faisceau d'électrons, la surface examinée est faible.

La génération des microscopes à balayage a permis de contourner ces deux difficultés. En effet, le faisceau ne traverse pas l'échantillon ; il est donc possible d'examiner des échantillons « épais ». D'autre part, le faisceau peut être dirigé successivement sur les plages les plus utiles à la recherche.

La microscopie optique permet des grossissements de 2000 x environ. En microscopie électronique, on atteint des facteurs > 100 000.

Ceci permet des examens approfondis de pièces comme les *poils et les cheveux* ; les *fibres textiles naturelles et artificielles*.

L'examen des cheveux, en microscopie électronique, met en évidence des détails autorisant des rapprochements très éloquents quant à leur origine, non seulement corporelle mais aussi raciale. Dans le cas des fibres textiles synthétiques en particulier, la surface externe présente des particularités que la microscopie optique ne révèle pas ; des stries d'extrusion irrégulières par exemple.

Ces deux éléments, cheveux et fibres, sont recherchés quelle que soit la nature des faits soumis à l'enquête. Ces indices présentent un intérêt particulier en cas de violences, d'enlèvements, de viol ... Les prélèvements portent sur les sièges de voitures ou, dans les habitations, dans les lits, sur les vêtements de la ou des victimes et de l'auteur présumé, sur les foulards, les écharpes et sur les cagoules lors d'un braquage entre autres.

#### **IV. La fluorescence X**

Au cours de son examen, l'échantillon absorbe une importante quantité d'énergie véhiculée par le flux d'électrons. Ce processus provoque, au sein des atomes, des

perturbations profondes qui se traduisent par l'émission d'un rayonnement secondaire très pénétrant. Il s'agit d'un flux de rayons X, identiques à ceux qui sont utilisés dans les appareils de radiographie. Chaque espèce d'atomes va ré émettre l'énergie reçue sous la forme d'un ensemble de rayonnements spécifiques qui lui sont propres. L'analyse de ce rayonnement X secondaire, l'analyse de ce faisceau dit de fluorescence, va permettre d'identifier les atomes présents dans la pièce examinée. Dans la pratique courante, la fluorescence X sera excitée par un rayonnement X primaire.

Le caractère non-destructif de cette technique justifie pleinement son intérêt majeur à l'endroit de l'enquête. En effet, après l'examen, la pièce à conviction est récupérée dans son état initial, ce qui permet un réexamen en cas de contre-enquête. L'analyse de *fragments de verre* constitue une des applications fréquentes de cette technique connue sous l'appellation de Fluorescence aux Rayons X

Lors d'un vol avec effraction et bris de vitre, des éclats de verre microscopiques sont projetés sur les vêtements du « casseur ». Les poussières prélevées sur les vêtements sont examinées par Fluorescence X et comparées à des éclats de verre témoins prélevés sur les lieux. À côté des constituants majeurs du verre, le silicium, le calcium, le sodium ... coexistent, en faibles teneurs, des éléments étrangers, fer, étain, zirconium, lanthane..., impuretés des matières premières. La comparaison des résultats de l'examen permettra, en cas de concordance, de désigner le coupable des faits. La même procédure est également appliquée aux *traces métalliques* déposées par des outils utilisés pour forcer la porte d'une habitation, la fermeture d'un coffre ou d'un meuble. La concordance entre les traces et le métal d'un outil trouvé sur les lieux ou saisi, pied-de-biche, levier, tournevis ... orientera la suite de l'enquête.

Il est fait appel à la Fluorescence X pour examiner des *éclats de peinture*, à usage domestique ou industriel, mais le plus souvent des peintures de voiture. La raison de ce

choix tient à la composition même des peintures dans lesquelles on retrouve, à côté de matériaux naturels ou synthétiques, un ensemble d'éléments minéraux tels que le fer, le plomb, le chrome, le molybdène, le cadmium... La fluorescence X est particulièrement adaptée à l'analyse de pareils éléments sur des pièces de petites dimensions. Par contre, lorsqu'il s'agit de détecter des traces de falsification ou de tentatives malencontreuses de *restauration d'œuvres d'art*, il est hors de question d'une part d'opérer un prélèvement de peinture et, d'autre part, les dimensions de la pièce à examiner empêchent de la présenter au faisceau de rayons X.

Dans ces circonstances, on a recours à une technique connue sous l'abréviation P.I.X.E., **Proton Induced X ray Emission**. Un faisceau de protons, issu d'un cyclotron, est dirigé sur l'endroit soumis à l'examen. La faible pénétration des protons et la faible section du faisceau annulent complètement les risques de détérioration de pièces aussi fragiles que les peintures anciennes.

## V. Et la Chimie ?

La Chimie n'a pas attendu le XX<sup>e</sup> siècle pour apporter sa contribution aux enquêtes criminelles, en particulier en matière de toxicologie.

La découverte d'un nombre impressionnant de *poisons d'origine végétale* (belladone, digitaline, strychnine, opium, nicotine, ...) et minéraux (arsenic, antimoine...) et les usages qui en ont été faits pourraient faire, du XIX<sup>e</sup> siècle, le « siècle des Poisons ».

Aux environs de 1850, une opinion soutenue par l'autorité d'Orfila, le père de la Toxicologie, prévalait, selon laquelle les poisons végétaux séjournent dans le corps humain sous une forme indétectable.

En 1850, Jean Servais Stas, Professeur de Chimie à l'École Royale Militaire, réussit, grâce à un travail d'une rare complexité, à mettre en évidence la présence de traces de nicotine dans le contenu stomacal de la victime d'un empoisonnement criminel. La

recherche du poison avait été orientée vers la nicotine par les brûlures constatées dans la bouche du mort. Toutefois son isolement exigeait une connaissance approfondie des propriétés chimiques non seulement du poison mais aussi des toxiques de la même famille.

### **Les empreintes digitales**

Dans les années 1877-1880, la découverte des empreintes digitales entraîna, de nouveau, le recours aux ressources de la Chimie. Les empreintes digitales dont on venait de découvrir l'intérêt se présentent, selon les circonstances, sous forme visible : taches de peinture, de graisse, de cambouis, à la rigueur taches de sang, ou d'empreintes latentes, difficilement perceptibles. Ces empreintes résultent du dépôt de sueur des doigts et de la paume des mains. La sueur est composée principalement d'eau (90 %), de sel ( $\text{NaCl}$ ), de matières grasses, d'urée et d'acides aminés. La révélation par poudrage, utilisée dans les premiers temps et encore en usage à présent, fournit des résultats précieux, mais exige des empreintes « fraîches ». Au cours du temps, l'eau s'évapore et, à la longue, les matières grasses diffusent dans le support de l'empreinte (bois, papier, tissus...). Les constituants accessoires de la sueur peuvent être traités de manière à visualiser des empreintes très anciennes :

- a) le  $\text{NaCl}$  est traité au nitrate d'argent. Le chlorure d'argent formé est irradié par une lampe u.v., puis développé comme une photographie ;
- b) l'urée forme avec le PDMAC (**ParaDiMéthylAminoCinnamaldéhyde**) un composé de couleur rouge ;
- c) les acides aminés sont traités par la Ninhydrine, réactif colorimétrique sélectif des acides aminés, bien connu des biochimistes.

La recherche des empreintes sur des supports fortement colorés (tissus, papiers peints, couvertures de magazines) est pratiquement impossible par emploi de réactifs colorés. On a, alors, recours à des colorants fluorescents choisis de manière à obtenir une fluorescence

de couleur très différente de la couleur dominante du support. La radiation d'excitation est généralement fournie par un laser.

### **Les résidus de tir**

À la suite de la prolifération des armes à feu, les enquêteurs ont été amenés à rechercher les *traces de coups de feu* sur les mains du tireur supposé, à faire la distinction entre meurtre et suicide, à estimer la distance de tir...

Le tir d'un coup de feu laisse, sur la main d'un tireur, un dépôt noir résultant de l'éjection des résidus de combustion de la poudre et de l'amorce. Le premier procédé de prélèvement des traces consistait à enduire les mains de paraffine fondue (Lee Harvey Oswald). Après solidification de la paraffine, on enlevait le moule sur lequel on recherchait les résidus. Actuellement, le procédé de prélèvement varie en fonction de la technique de recherche. Les corps recherchés sont surtout des constituants de l'amorce : antimoine, baryum, plomb, et de la douille : cuivre et zinc.

Pour la technique de microscopie électronique à balayage (SEM), le prélèvement est réalisé au moyen de tampons en aluminium, couverts d'une couche adhésive.

Le prélèvement peut également être effectué au moyen de tampons de coton imprégnés d'acide dilué. Ces cotons-tiges sont promenés sur les mains, dos et paume, déposés séparément dans des tubes en matière plastique. Ils sont alors transmis au laboratoire chargé de procéder à l'analyse.

Les techniques d'analyse varient suivant les laboratoires ;

- a) l'analyse par activation, N.A.A. : les prélèvements sont soumis à un flux de neutrons dans un réacteur nucléaire ; à la sortie on procède à la mesure sélective du Ba et du Sb ; le plomb n'est pas mesurable par cette technique.



- b) La spectroscopie d'émission, E.S et I.C.P. : Sous l'influence d'une étincelle électrique, les atomes sont susceptibles d'émettre un ensemble de radiations spécifiques de leur espèce. Actuellement deux modes d'excitation sont utilisés, l'étincelle électrique et le plasma d'argon, atmosphère gazeuse ionisée, maintenue à une température de 6000 à 8000°C par un courant de haute fréquence.
- c) La spectrométrie d'absorption atomique, A.A.S. : les atomes libres obtenus par application d'une température de 1000 à 2000°C sont capables d'absorber l'énergie lumineuse, en particulier les radiations qu'ils sont capables d'émettre.

Ces techniques analytiques sont d'un usage courant dans la recherche des résidus de tir, non seulement sur les mains mais aussi sur les vêtements, principalement pour tenter d'estimer une distance de tir.

### **Les techniques chromatographiques**

Au cours de ces dernières années, le champ d'action des « brigades des stupés » s'est élargi à la suite de la prolifération des *narcotiques, hallucinogènes et de stupéfiants* de toutes espèces. Il s'agit maintenant de molécules complexes, de pureté douteuse et, de plus, mélangées à des adultérants de toutes espèces. De ce fait, les investigations basées sur la structure des molécules sont peu fertiles en données utiles. Parmi les substances gênantes, on rencontre :

- a) des additifs comme le glucose, le lactose, la caféine, l'aspirine, la strychnine ...
- b) des impuretés provenant d'une préparation mal conduite et d'une purification incomplète : la morphine dans l'héroïne...

La nature des diluants, ajoutés par esprit de lucre et l'identification des impuretés constituent, eu quelque sorte, une marque de fabrique qui permet de rattacher un « *dealer* » à une filière et celle-ci à une organisation de plus grande envergure.

Les travaux du botaniste russe Tsvett sur les pigments de la chlorophylle ont ouvert la voie à une série de techniques de séparation réunies sous le nom de *chromatographie*. En simplifiant beaucoup, la chlorophylle était obtenue en broyant des feuilles vertes avec de l'alcool. Le liquide filtré était alors versé sur du carbonate de calcium finement granulé, contenu dans un tube en verre. Le lavage de cette colonne fait apparaître une série de bandes colorées qui migrent le long de la colonne au cours du lavage.

De là le nom de chromatographie donné à ce mode de séparation. Les différentes modalités présentent toutes un point commun : elles nécessitent l'une comme l'autre une phase stationnaire et une phase mobile.

À l'heure actuelle, sur la base de ce principe, la chromatographie existe sous les formes suivantes :

- a) la chromatographie liquide classique, L.C. sur colonne, sur papier, sur couche mince : *comparaison de documents falsifiés*
- b) la chromatographie à haute performance, HPLC. Toute l'opération sur colonne se déroule sous pression élevée (parfois > 100 bars). La durée d'une analyse varie de 10 à 50 minutes suivant la complexité des échantillons : *drogues, médicaments, substances alimentaires*.
- c) La chromatographie en phase gazeuse, G.C. – la phase mobile est un gaz (He, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>) ; - la séparation a lieu sur colonne à des températures de 50° à 300°C, constante (chromatographie isotherme) ; - la séparation a lieu à une température variant selon un programme en fonction de la nature des échantillons : *carburants, solvants de peinture, résidus d'incendies*.
- d) La chromatographie avec pyrolyse, P.G.C. : G.C. dans laquelle l'échantillon difficile à dissoudre est pyrolysé sur un ruban de Pt ou de Ta : *fibres synthétiques, polymères, peintures*.

## **La spectrométrie de masse (M.S)**

Dans cette technique, les substances à étudier sont fragmentées par un faisceau d'électrons accélérés. Les fragments chargés sont déviés par des champs électriques en fonction de leur masse et de leur charge. La masse des fragments collectés va permettre de reconstituer les molécules présentes dans l'échantillon.

Cette technique est souvent couplée à une des formes de chromatographie gazeuse (GC / MS ou PGC / MS).

\*

Exposée sous cette forme, la collaboration entre la Physique et la Chimie ne paraît ni très évidente, ni très intime. Afin de mieux la percevoir il faut être personnellement impliqué dans une enquête. Il est, alors, beaucoup plus aisé de sentir les nécessités de l'investigation et de mieux diriger son choix afin de trouver le chemin de la solution.

(Rue F. Chaumont 95, 4040 Herstal, Belgique)