

La visualisation relationnelle au service de l'enquête criminelle

Quentin Rossy

(Nombre de mots : env. 7'950)

Introduction

L'ampleur de certaines enquêtes criminelles implique de mettre en œuvre des démarches structurées de traitement des informations collectées, afin d'en maîtriser les flux et de maintenir la vue d'ensemble sur le dossier. Des techniques de visualisation relationnelle, qui s'apparentent à des graphes, sont ainsi de plus en plus exploitées dans cette perspective. Par l'intermédiaire de ces représentations, l'analyste-enquêteur cherche à mieux comprendre la complexité des relations entre les événements et les entités d'intérêts pour l'enquête telles que des personnes, des objets et des traces. Classiquement ces méthodes sont exploitées pour regrouper et explorer les informations collectées en cours d'investigation, pour faciliter la communication au sein d'équipes d'enquêteurs ou comme support lors d'une plaidoirie au tribunal (Harper & Harris, 1975 ; Sparrow, 1991 ; Xu et Chen 2005 ; Schroeder et al., 2007 ; Heuer & Pherson, 2010).

Des logiciels de visualisation facilitant la conception de ces schémas s'intègrent ainsi dans les pratiques policières. Mais malgré l'apparente simplicité de prise en main des outils, la conception et l'interprétation de ces schémas peuvent être complexes. Ainsi, l'approche sociométrique, fondée sur la combinaison de graphes et de mesures de centralité, a été proposée pour pallier les difficultés d'interprétation des schémas (Sparrow, 1991). Celle-ci s'avère en effet particulièrement efficace lorsque les nombres d'entités et de relations sont grands. L'analyse d'un réseau complexe contenant plusieurs centaines, milliers, voire centaines de milliers de nœuds et de relations étant *a priori* difficile voire impossible en se basant uniquement sur la perception du graphe. L'usage de métriques de centralité facilite alors la détection de personnes d'intérêt pour l'enquête. Ainsi des pratiques de dessins à la main, les pratiques d'analyse en réseau se sont étendues (Klerks, 2001). Pourtant, les schémas relationnels qui se basent uniquement sur l'usage des variables graphiques

(telles que la forme, la taille, la couleur et la position) continuent à être exploités en routine dans les polices du monde entier. En effet, ils semblent couvrir une gamme de pratiques très large et répondent à d'autres objectifs qu'identifier les acteurs clés et reconstruire la structure d'un groupe criminel. Mais parallèlement, très peu de recherches et de propositions méthodologiques ont été avancées pour guider la conception de ces visualisations. Par hypothèse, les approches fondées sur l'analyse visuelle méritent d'être considérées de façon complémentaire aux analyses sociométriques, en particulier en regard de contextes d'utilisation récurrents.

La première partie de ce chapitre discute les apports et les limites de la visualisation relationnelle. La section suivante vise à présenter des recommandations générales de conception. Finalement, quatre formes d'exploitation classiques sont discutées: les schémas de réseaux criminels, les schémas de trafics de marchandises, les schémas d'événements facilitant la reconstruction des chronologies lors d'affaires complexes et les schémas de séries visant à clarifier la nature et les incertitudes des relations identifiées entre les cas. Les apports et les limites de leur utilisation sont discutés et une méthodologie spécifique à chaque type de situation est présentée.

Analyses relationnelles et visualisation

L'analyse de relations est centrale en matière d'enquête criminelle. Elle consiste en la décomposition et l'interprétation d'informations représentées sous la forme d'entités et de relations (voir notamment : Harper & Harris, 1975 ; Sparrow, 1991 ; Schroeder et al., 2007 ; Heuer & Pherson, 2010). L'analyse de réseaux sociaux qui visent à mieux comprendre la structure d'un réseau de personnes est une forme particulière de ce que nous appellerons ici, les analyses relationnelles. En effet, l'analyse peut porter sur une gamme plus large d'entités pertinentes pour l'enquête, telles que les personnes, mais aussi les événements, les traces et les objets entre lesquels l'analyste-enquêteur cherche à identifier et comprendre les relations. Lorsque beaucoup de relations sont en jeu dans une affaire, il devient alors évidemment utile de les visualiser.

Définition et contexte historique

Une terminologie riche existe pour décrire les formes de visualisation relationnelle. Dans la littérature ou les milieux pratiques, il est parfois d'usage de parler d'un

schéma relationnel, d'un réseau, d'un arbre, d'un diagramme ou d'un graphique relationnel, voire encore d'une carte sémantique ou conceptuelle. Globalement, la visualisation relationnelle est l'exploitation de représentations s'apparentant à des graphes pour visualiser un ensemble hétérogène d'entités, de relations et d'attributs qui tous peuvent être de différents types. Cette définition rejoint celles des graphes sémantiques (Barthélemy et al., 2005), conceptuels (Kolda et al., 2004) ou complexes (Newman, 2003). Dans ce chapitre les termes de « schéma relationnel » et de « visualisation relationnelle » seront principalement utilisés.

Klerks (2001) décompose l'historique d'exploitation judiciaire de ces méthodes en trois générations de techniques : la conception manuelle, l'approche automatisée par des outils informatisés, tels que le logiciel Analyst's Notebook® et l'analyse de réseaux sociaux qui intègre des mesures de centralité pour soutenir l'interprétation des réseaux modélisés par des graphes. L'approche manuelle enseignée à la fin des années soixante aux Etats-Unis par le programme Anacapa (Harper & Harris, 1975 ; Anacapa, 2013) et décrit par Morris dans son livre « The Crime Analysis Charting » (Morris, 1986), se base sur la création d'une matrice décrivant les relations entre les personnes qui apparaissent dans l'affaire. Un schéma relationnel est ensuite produit sur la base de cette matrice. L'approche manuelle est encore utilisée de nos jours, mais les graphes sont produits au moyen de logiciels spécialisés qui permettent d'étendre les attributs graphiques exploitables (icônes, couleurs, épaisseur des traits, etc.). Initialement, la méthode reposait sur une représentation simplifiée de cercles (les personnes), de traits (les relations) et de cadres (les groupes: organisations criminelles et entreprises) (Harper & Harris, 1975 ; Sparrow, 1991). Il faut également souligner que l'exploitation de graphes pour représenter les informations d'une enquête se retrouve déjà dans les travaux de John Henry Wigmore (1863-1943) (Wigmore, 1913). Le formalisme proposé à l'époque ne visait pas à reconstruire un réseau, mais à soutenir le processus hypothético-déductif de l'enquête. Les informations étaient modélisées sous la forme d'un graphe dirigé représentant les relations de causalité entre les prémisses et les conclusions formulées en cours d'enquête. Le processus de génération d'hypothèses et l'évaluation des scénarios étaient ainsi facilités. La méthode de Wigmore appelée « argument diagram » connaît encore des développements récents (Bex *et al.*, 2007 ; van den Braak, 2010).

L'exploitation de représentations relationnelles dans l'enquête peut néanmoins se concevoir de façon plus large. En effet, ces méthodes peuvent soutenir de nombreux autres processus que l'analyse de groupes criminels et la reconstruction de scénarios (Rossy & Ribaux, 2014). Analyser les traces et les informations collectées, comparer diverses sources d'information, faciliter l'évaluation *a posteriori* d'une investigation, aider à qualifier les infractions, faciliter l'appréhension d'un dossier, voire soutenir une argumentation lors du procès, sont quelques exemples d'autres formes d'exploitation. Ainsi, diverses formes de représentations relationnelles peuvent être conçues pour soutenir la prise de décisions en fonction du contexte. En tant que support commode, le schéma repose sur une modélisation adaptée des informations afin d'en faciliter leur analyse.

Une approche limitée ?

Sur le plan méthodologique, certains auteurs relèvent qu'un simple schéma ne permet pas de résoudre le problème de la surcharge d'informations (Klerks, 2001 ; Schroeder *et al.*, 2007). En effet, les visualisations relationnelles semblent bien fonctionner lorsque le nombre d'entités et de relations représentées est limité. De plus, la conception d'un schéma repose sur la compréhension du problème traité par l'analyste-enquêteur et sa capacité à le modéliser sous la forme d'une représentation relationnelle (Peterson *et al.*, 2000). La qualité de la représentation est alors tributaire des capacités de l'analyste à identifier et classer les entités et les relations pertinentes pour l'enquête et de les distinguer de celles pouvant être omises. La conception implique donc à la fois une habilité à produire une structure visuelle expressive et une capacité à modéliser convenablement les situations rencontrées. De plus, le processus implique souvent de nombreux essais avant d'aboutir à une ou plusieurs représentations utiles. Il est donc naturellement observé à l'usage que la création de représentations efficaces nécessite de l'expérience, des efforts et du temps (Innes *et al.*, 2005). Les schémas produits varient ainsi fortement suivant les objectifs d'analyse et suivant leur concepteur. Les résultats sont plus ou moins efficaces et peuvent engendrer des ambiguïtés qui influencent l'interprétation des informations (Rossy, 2011 ; Rossy & Ribaux, 2012).

Sur le plan technique, divers outils peuvent être exploités. Chacun propose des fonctionnalités propres et impose des standards définis certainement plus par des retours d'utilisateurs que par une réflexion méthodologique d'ensemble. D'un côté, la standardisation de la présentation est loin d'être atteinte. De l'autre, le développement de nouvelles approches de visualisation pourraient changer les pratiques.

Pourtant, ces méthodes continuent à être exploitées et semblent répondre à des besoins concrets. Elles permettent de regrouper sur un support commun une grande quantité de données hétérogènes facilitant ainsi l'exploration et l'évaluation des informations d'enquête. Le langage visuel est suffisamment riche et expressif pour intégrer la diversité des concepts rencontrés en cours d'enquête. En tant que mémoire de travail, le schéma maintient la vue d'ensemble, permet à l'enquêteur de se remémorer les éléments de l'affaire et facilite les échanges au sein des équipes ou avec les partenaires. En l'occurrence, même s'ils ne sont pas complètement indépendant de la langue, les schémas sont généralement bien compris lors d'échanges internationaux. Bien conçus, ils sont effectivement intuitifs et ne requièrent pas la maîtrise de formalismes complexes. De plus, la vue d'ensemble qu'offrent les schémas relationnels est généralement très appréciée par les gestionnaires au sein des organisations policières. À la phase de collecte de données ou de renseignement, présenter ces schémas aux gestionnaires leurs permet de faire des démarches pour vérifier si certaines cibles identifiées dans les schémas seraient également enquêtées dans d'autres unités ou organisation policières. De plus, en observant les schémas aux phases initiales de l'enquête, les gestionnaires peuvent estimer le temps et les ressources nécessaires.

Consolidation de la méthode

Les difficultés identifiées dans la littérature et par l'étude empirique des pratiques n'en demeurent pas moins réelles. Elles révèlent en fait principalement la nécessité de consolider la méthodologie de conception des visualisations relationnelles pour soutenir efficacement les enquêtes. Par exemple, il est relevé que les problèmes traités sont par nature évolutifs, alors que la visualisation décrit souvent une situation à un moment précis (Peterson, 1998 ; Innes *et al.*, 2005). Ce constat mais en exergue la nécessité de bien documenter les sources et d'intégrer la dimension

temporelle dans la démarche. La visualisation relationnelle permet en effet de combiner les deux perspectives et ainsi de modéliser une gamme de situations beaucoup plus large que la structure d'un groupe criminel en un temps défini. La méthode permet alors de décrire la chronologie et le script d'un événement criminel ou l'ensemble d'une série criminelle. Bien conçus, de tels schémas peuvent même intégrer la dimension spatiale des activités et ainsi couvrir l'ensemble des perspectives principalement utiles à la reconstruction des activités criminelles.

Par ailleurs, certains des biais attribués à la méthode relèvent plus de démarches sélectives lors du traitement des informations d'enquête que d'une limite intrinsèque. Par exemple, Sparrow (1991) souligne que les schémas peuvent concentrer l'attention sur des acteurs jugés principaux car centraux sur le schéma. Une telle image peut alors être trompeuse dans la mesure où les informations sélectionnées ne sont pas complètes, mais orientées par l'enquête qui ne consisterait qu'à s'occuper des acteurs identifiés : « que l'on a sous la main ». Les risques sont bien réels et peuvent s'actualiser bien plus souvent qu'attendu, en particulier lorsque les informations sont fragmentaires. Fixer l'information sur un graphe peut effectivement donner l'illusion d'une situation appréhendée dans son ensemble et ainsi tendre à confirmer la validité de l'analyse. Il est de la responsabilité du concepteur de bien spécifier la nature des données pour que le lecteur n'interprète pas le schéma de la mauvaise façon. Ce risque demeure néanmoins indépendamment de l'usage de la visualisation en tant que support commode pour regrouper et analyser les informations. *A contrario*, un schéma peut précisément servir à rassembler sur un support unique un grand nombre d'informations et détecter des zones d'enquête méritant de collecter plus d'information. Il permet de mettre en perspective les diverses sources de données et en particulier facilite la comparaison de versions contradictoires lors de l'analyse de témoignages par exemple.

Méthodologie de conception des schémas

La conception de schémas implique donc de respecter quelques recommandations générales. Certaines d'entre elles se retrouvent de façon récurrente dans les manuels d'analyse criminelle (tels que : Interpol, 1997; UNODC, 2002; Fedpol, 2010) et la littérature scientifique (voir notamment : Harper & Harris, 1975, Morris, 1986,

Senator, 2005 ; Mowbray, 2009 ; Rossy, 2011). Elles sont présentées et explicitées dans l'encadré ci-dessous.

Recommandations méthodologiques générales

Entités

- Les entités importantes pour l'enquête sont représentées par des nœuds distincts :
 - *Il convient de ne représenter une même entité qu'une seule fois sur le schéma, afin de pouvoir analyser clairement l'ensemble de ses relations.*
- Le type d'entités principal sur lequel porte l'analyse doit être identifié (par exemple des personnes pour la reconstruction d'un réseau criminel ou des événements pour la reconstruction d'une série). Le type est décrit par l'icône de l'entité:
 - *Les icônes doivent être simples et compréhensibles. Ils ne doivent pas prêter à confusion. Ils facilitent la lecture et permettent de rapidement identifier la nature des informations représentées.*
 - *La couleur des icônes permet de distinguer des sous-types (personnes connues ou à identifier, par exemple).*

Liens

- Quatre types de liens génériques doivent être distingués : les liens confirmés, incertains, les hypothèses et l'absence de lien (par ex. la négation et les contradictions).
 - *Les liens confirmés sont par convention représentés par une ligne pleine et les liens non confirmés par une ligne de traits-tillés.*
 - *Les hypothèses peuvent être distinguées par des points-tillés.*
 - *La négation est schématisée par une couleur de lien spécifique (par exemple le rouge)*
- Les relations non documentées (sans label, ni description du type) peuvent être ambiguës et doivent être évitées.
- Les flèches sont exploitées pour décrire des liens directionnels, tels que des flux d'argent ou de marchandises ou des communications téléphoniques.
- La couleur décrit le type de lien (relations familiales ou professionnelles, types de transactions ou de communications, etc.)

Cadres

- Les cadres peuvent représenter des entités regroupant un ensemble d'autres entités, tels que des organisations ou des entreprises.
- Ils peuvent également décrire des relations, telles que des liens spatiaux (même pays, régions, etc.)
- La couleur décrit le type d'entités ou de relations
- Les cadres peuvent complexifier la lecture et doivent être utilisés avec parcimonie.

Structure du schéma

- Les croisements de traits doivent être évités et l'orthogonalité privilégiée pour maximiser la lisibilité.
- La position des entités permet de représenter des relations de proximité.
 - *La position centrale a naturellement tendance à donner une impression d'importance sur un réseau.*
 - *Des entités regroupées dans des zones sont perçues comme des groupes.*

Documentation du schéma

- Les sources doivent être indiquées directement sur le schéma.
- L'ensemble des informations pertinentes doit être représenté. Le schéma doit être précis et correct. Les informations à charge et à décharge sont incluses.
- Les conventions doivent être définies dans la légende (par ex. les couleurs et les types de relations).
- Le schéma doit être accompagné d'une explication pour assurer qu'il est interprété correctement.

Ces considérations méthodologiques sont importantes et bien souvent connues des praticiens. Elles sont néanmoins insuffisantes pour guider le processus de conception dans son ensemble. En effet, l'étude empirique démontre que l'efficacité des schémas produits semblent pour une large partie reposer sur des compétences tacites mal formalisées (Innes *et al*, 2005 ; Rossy, 2011). Identifier les étapes clés du processus de conception est nécessaire pour mieux structurer la démarche. Sans restreindre le processus à une séquence mécanique et formelle, la démarche repose en effet sur des compétences de modélisation et des questionnements transversaux, indépendants de l'outil employé et de la spécificité de l'affaire traitée (Rossy, 2011 ; Rossy & Ribaux, 2012 ; Rossy & Ribaux, 2014) :

Processus de conception

1. définir clairement les objectifs de la représentation
 - a. identifier ces destinataires et leurs attentes
 - b. identifier la nature des décisions qui vont se baser sur la représentation
2. identifier les entités et les relations pertinentes sur lesquelles les raisonnements vont s'appuyer
3. avoir connaissance des difficultés liées à la nature des informations à représenter:
 - a. bien maîtriser les incertitudes et incomplétudes de l'information
 - b. savoir distinguer les informations collectées des hypothèses formulées
 - c. être capable d'extraire les éléments clés en regard de l'objectif d'analyse parmi l'ensemble des informations collectées
4. avoir connaissance des biais potentiellement engendrés:
 - a. maîtriser les niveaux de généralité auxquels la représentation est exprimée
 - b. avoir conscience des limites du langage et des simplifications engendrées par les choix de représentation
 - c. définir formellement le langage utilisé en documentant les choix et les conventions utilisées afin d'éviter les ambiguïtés
5. mettre en œuvre une méthode de vérification de la compréhension du schéma par son destinataire

Formaliser à ce niveau de généralité, la démarche peut paraître évidente. Mise en perspective de cas concrets, elle révèle néanmoins un fort potentiel pour guider les nombreux choix de conception selon une séquence de questionnements qui vise à limiter les erreurs et maximiser l'efficacité des schémas comme support de travail.

Amorcer le processus par l'identification des objectifs et des décisions que le schéma vise à soutenir souligne l'importance de bien comprendre le problème d'enquête avant de considérer la nature des données disponibles. Il est vrai que certains types de données sont classiquement associés à certains types de schémas. Les communications téléphoniques et les transactions financières sont efficacement analysables par des schémas de flux par exemple. Néanmoins, les objectifs pour lesquels ces données sont collectées en cours d'enquête peuvent être très variables. Ces données se combinent avec l'ensemble des éléments d'enquête pour atteindre différents objectifs définis en regard des étapes de l'investigation. Celle-ci se décompose en effet en trois phases générales: la phase de définition du problème, d'identification et de la location des suspects ; la phase de reconstruction qui débute dès l'appréhension de suspects et se termine par la mise en accusation ; la phase d'évaluation au tribunal qui conduit au jugement (Simms & Peterson, 1991 ; Kind, 1994 ; Brodeur, 2005). Ainsi, des visualisations différentes sont produites lorsqu'il s'agit par exemple, d'identifier ou de localiser un suspect ou une victime, de reconstruire la chronologie d'une affaire, de comparer les versions d'un suspect, d'identifier les relations entre les acteurs d'un réseau, d'évaluer l'appartenance de cas à une série, voire encore d'appréhender la vraisemblance du dossier dans son ensemble.

Il est hors du cadre de ce chapitre, de discuter en détails chacune des étapes subséquentes de façon générale. L'identification de formes d'exploitations récurrentes permet néanmoins de décrire des types de schéma spécifiquement adaptés à différents contextes et types d'enquête. L'objectif est d'amorcer le développement d'un catalogue de bonnes pratiques qui répertorie des situations d'enquête récurrentes et des formes de visualisation appropriées. Elles sont formalisées par des patterns de visualisation décrivant une approche de conception définie par le problème. Quatre schémas classiques sont ainsi discutés : (1) le schéma de réseau criminel, (2) le schéma de trafic, (3) le schéma d'événement et (4)

le schéma de série. Les deux premiers soutiennent les enquêtes qui portent sur la reconstruction des activités de groupes criminels. Les deux suivants visent à soutenir le processus de reconstruction d'événements criminels complexes qu'il s'agisse de cas singuliers, respectivement de séries.

Patterns de visualisation relationnelle

Le réseau criminel : reconstruire l'organisation d'un groupe et identifier les rôles des acteurs

Objectifs de la représentation

Lorsque l'enquête est initiée par l'activité d'auteurs connus ou dès que ceux-ci ont pu être identifiés, un schéma de réseau peut être construit pour faciliter la reconstruction de la structure du groupe criminel et l'identification des rôles des acteurs dans le réseau. Le schéma décrit alors l'ensemble des relations détectées entre les suspects lors de l'investigation en distinguant leurs nombres et leurs types. Il soutient divers objectifs, tel qu'identifier l'implication des acteurs pour qualifier leurs actions et évaluer l'existence et la structure du groupe criminel.

Perspectives d'analyse

Tel que décrit précédemment (cf. définition et contexte historique) les schémas de réseaux criminels, ou simplement schémas relationnels, sont la forme générique et la plus répandue des visualisations relationnelles produites en cours d'enquête. Les personnes sont les entités principales de l'analyse. L'objectif de la discussion présentée ici n'est pas de décrire l'ensemble des formes d'exploitation possible, mais d'explicitier la manière dont le langage graphique soutient l'analyse qualitative des relations détectées ou supposées. La démarche est approchée de façon complémentaire aux métriques de l'analyse en réseau.

La Figure 1 présente un schéma construit dans le cadre d'une affaire réelle. Il représente les relations détectées au cours d'une enquête internationale portant sur quatre individus supposés appartenir à un groupe criminel commettant principalement des brigandages de bijouterie. Le schéma initial a été diffusé internationalement pour renseigner sur l'activité de ces quatre suspects et non pour décrire l'ensemble du réseau. L'emphase sur les quatre membres représentés en

rouge a été ajoutée pour les besoins de la discussion. La Figure 2 a été construite sur la base de la Figure 1 pour comparer l'approche visuelle à l'approche quantitative basée sur les mesures de centralité. Le graphe montre les relations entre les acteurs symbolisés par des cercles. Leurs tailles sont proportionnelles aux nombres de liens directs. Cette comparaison permet rapidement de détecter les avantages et les limites du schéma relationnel. La description du modèle visuel est présentée dans la section suivante.

Le schéma relationnel permet d'exprimer l'ensemble des relations entre plusieurs types d'entités différents tels que les personnes, les événements, les objets et les véhicules. Il distingue plusieurs types de relation représentés par des liens pour les relations entre les personnes et par des cadres pour les relations spatiales entre les activités. La démarche est donc essentiellement qualitative et vise à faciliter la compréhension de la nature des relations.

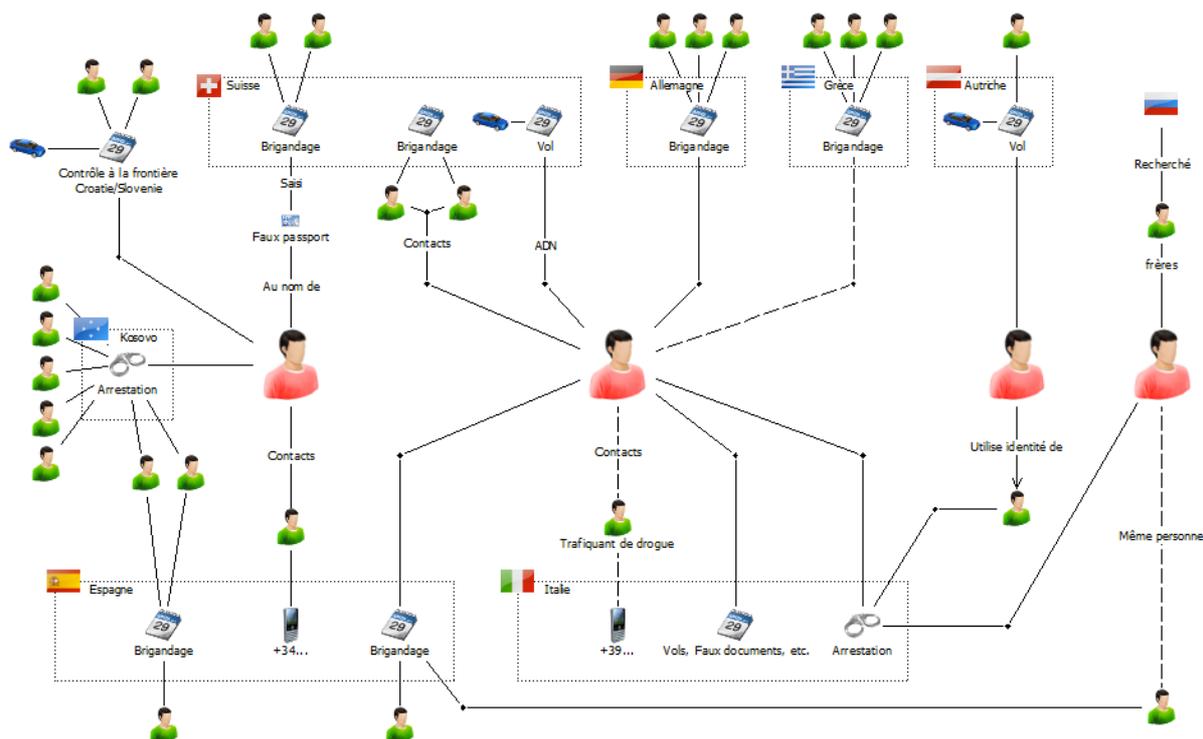


Figure 1 Représentation simplifiée d'un groupe criminel. Les membres sont notamment liés entre eux par des entités intermédiaires représentant les activités. L'emphase sur les quatre membres représentés en rouge a été ajoutée pour les besoins de la discussion. Le schéma synthétise les connaissances issues de l'investigation et non la structure réelle du groupe criminel.

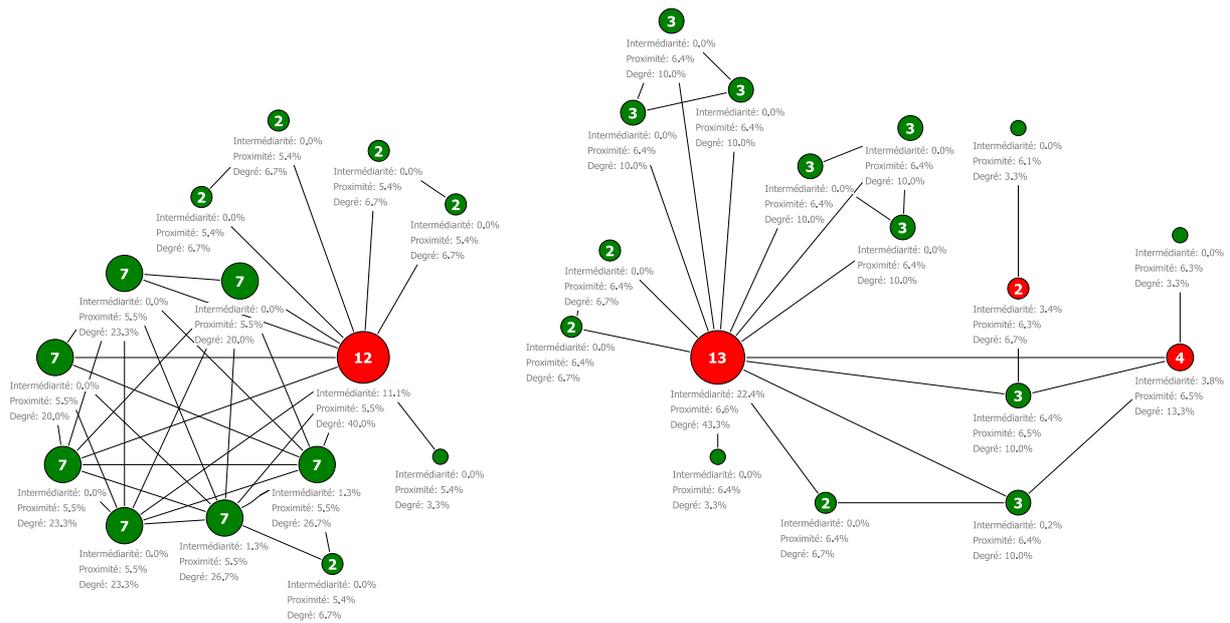


Figure 2 Représentation du réseau de la Figure 1 sous la forme de relations directes entre les membres (cercles). La taille des cercles et les chiffres indiquent le nombre total de liens directs. Les couleurs sont reprises de la Figure 1 pour faciliter la comparaison. Les valeurs d'intermédialité, de centralité et de degré sont indiquées pour chaque membre.

Une évaluation empirique a été réalisée pour évaluer l'efficacité de la Figure 1 pour répondre à des questions d'analyse (pour une description de la méthodologie, voir Rossy, 2001). Il ressort qu'un tel schéma bien qu'expressif n'est pas forcément le plus adapté pour répondre à certains types de question. Par exemple, lorsqu'il est demandé au lecteur d'identifier lequel des quatre membres (rouge) est lié au plus grand nombre d'individus en vert, seul 19.5% des répondants ($n=87$) identifient le bon individu avec un temps de réponse moyen de 58 ± 36 secondes. Mis en perspective de la Figure 2, il est clair que le schéma intégrant les mesures de centralité est plus efficace pour une telle question. La Figure 3 présente les résultats obtenus à la question : « Cliquer sur les individus (vert et rouge) qui semblent avoir eu une activité en Espagne ».

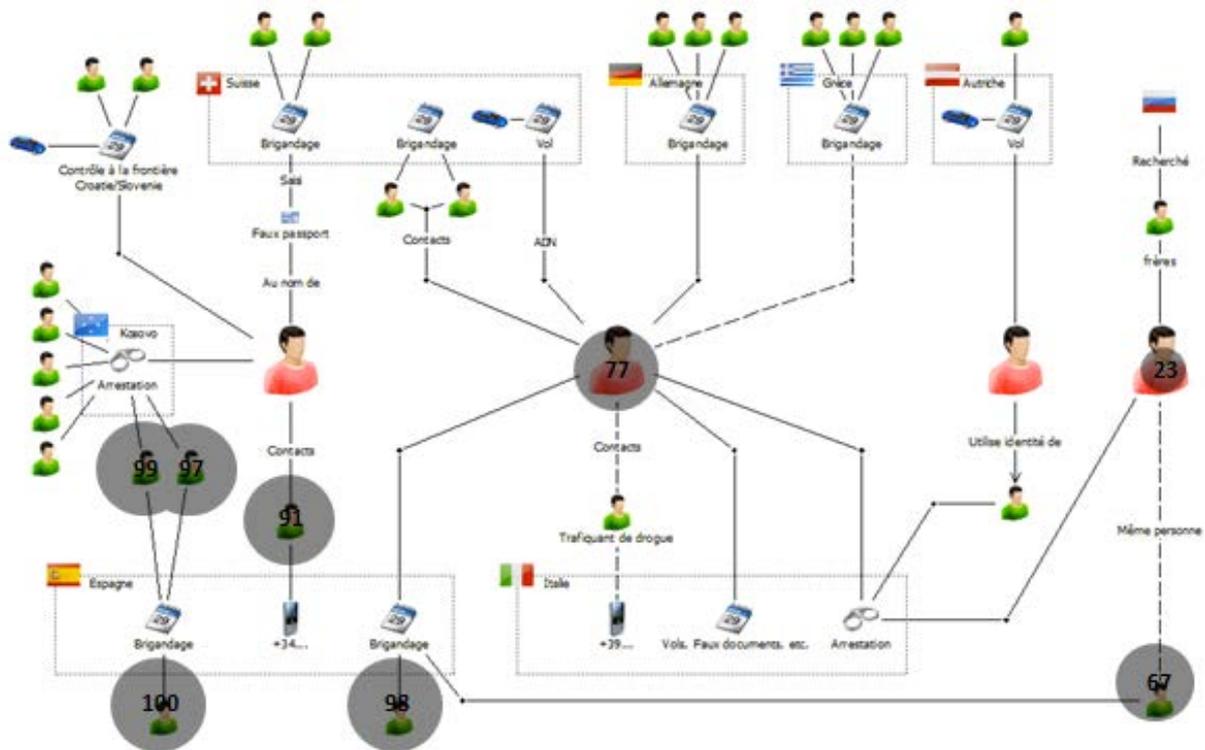


Figure 3 Réponse à la question : « Cliquer sur les individus (vert et rouge) qui semblent avoir eu une activité en Espagne ». La taille des cercles et les chiffres représentent le pourcentage de répondants (n=92).

Il est intéressant de relever l'influence de la position des entités sur la proportion de réponses correctes. En effet, les individus à droite, qui sont les plus éloignés, sont globalement moins bien perçus comme liés à l'activité en Espagne (cadre à gauche). Evidemment la question ne peut être approchée sous l'angle de la Figure 2 où la dimension spatiale n'est pas exprimée. Il est également intéressant de relever que les relations spatiales sont les seules qui lient le membre de gauche avec les trois autres. Au demeurant, le schéma relationnel offre, malgré ces limites, la possibilité d'exprimer un ensemble plus complexe et détaillé de relations. En particulier, l'usage de la convention du trait-tillé pour représenter les liens incertains et de couleurs (cf. plus loin) pour distinguer leurs types permet d'évaluer avec plus d'exactitude l'implication des acteurs dans l'ensemble et mieux comprendre les informations ayant conduits à l'hypothèse du réseau. La démarche visuelle complète ainsi l'approche sociométrique par une richesse d'expression qualitative. Bien que relevant un véritable défi méthodologique, l'intégration des deux méthodes dans une démarche commune offre certainement une solution globale aux limites de chacune d'elles (voir Figure 4).

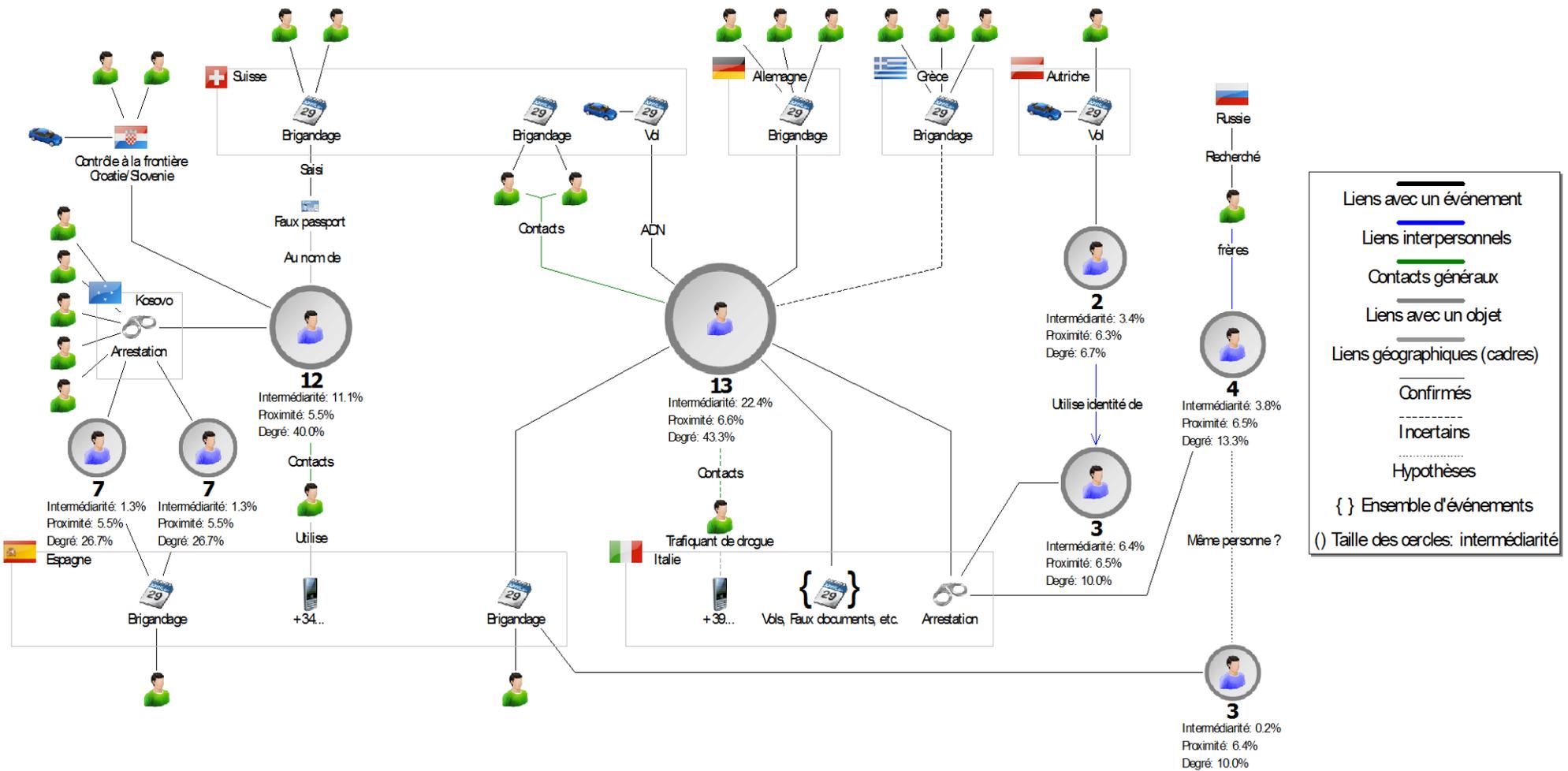


Figure 4 Schéma relationnel intégrant les mesures de centralité, les types de relations et d'entités et les incertitudes. La taille des cercles représente l'intermédiarité et le chiffre inscrit sous chacun des acteurs principaux correspond au nombre d'individus liés.

Conception du modèle visuel

Dans sa dimension graphique, le schéma de la Figure 4 distingue les types d'entités par des types d'icônes et les types de relations par la couleur. La qualité du lien (confirmé, incertain et hypothèse) est exprimée par la convention de type (cf. recommandations méthodologiques générales). Les relations spatiotemporelles sont représentées par des cadres entourant les activités. Le langage graphique est également enrichi d'un symbole dédié à la représentation de groupes : les accolades. Le symbole décrit ainsi des ensembles d'événements, de personnes ou d'objets par exemple. Les mesures de centralité sont directement inscrites sur le schéma et la taille du cercle entourant les acteurs clés peut représenter l'une des mesures.

Le schéma de réseau : recommandations méthodologiques spécifiques

- Identifier les acteurs du réseau. Les personnes constituent le type d'entité principal de l'analyse.
- Identifier les types de relations pertinentes pour la reconstruction du réseau :
 - *Les activités criminelles et autres événements sont représentés par des entités dont le type est défini par l'icône.*
 - *Les relations interpersonnelles (familiales, professionnelles, etc.) sont représentées par des liens dont les types sont décrits par la couleur. L'épaisseur du trait peut être utilisée pour représenter le nombre de relations (par exemple le nombre de contacts téléphoniques)*
 - *Les relations spatiotemporelles entre les activités sont représentées par des cadres. Les cadres permettent d'exclure ce type de relations des calculs de centralité.*
 - *Des accolades distinguent les groupes d'entités (séries d'événements, groupes de personnes ou lots d'objets).*
- Intégrer les mesures sociométriques de centralité (par ex. degré, intermédiarité et proximité) :
 - *L'une des mesures peut être représentée par un cercle proportionnel à la valeur entourant chacun des individus (ou une sélection d'acteurs clés).*
 - *Les indicateurs sont inscrits sous la forme d'attributs.*
- Ajouter des entités complémentaires pour représenter par exemple des véhicules ou des objets pertinents pour l'enquête :
 - *L'analyse des relations entre les personnes étant l'objectif principal du schéma de réseau, il convient de minimiser l'ajout d'autres entités pour ne pas surcharger le schéma au risque d'en diminuer la lisibilité.*
- Les conventions et recommandations générales doivent être suivies (cf. Méthodologie générale de conception)

Le trafic de marchandises : reconstruire la structure de distribution et de recel

Objectifs de la représentation

Le schéma de réseau est la forme générique des visualisations relationnelles visant à analyser la structure d'un groupe criminel. Néanmoins certains groupes sont spécifiquement actifs sur des types de criminalité de marché tels que les trafics de stupéfiants ou de contrefaçons. Un schéma relationnel dédié à l'analyse de ces types de réseau est présenté. Il vise à reconstruire la structure du trafic en représentant spécifiquement les relations de ventes entre les acteurs. Cette forme particulière de visualisation est souvent désignée sous le terme de « schémas de flux » (Interpol, 1997 ; Peterson, 1998 ; UNODC, 2002 ; Fedpol, 2010). La notion de flux se confond néanmoins avec l'analyse de flux d'événements (Event flow chart) ou de flux d'activités (Activity flow chart) (voir pattern suivant). Le terme de schéma de trafics est donc préféré afin d'éviter l'ambiguïté.

Perspectives d'analyse

L'analyse d'un trafic porte sur trois types d'entités principales : les acteurs du réseau, les ventes et les marchandises du trafic, tels que des produits stupéfiants, des armes ou des contrefaçons. Le prix de la transaction constitue également une propriété essentielle de l'analyse. En effet, la qualification de l'acte criminel peut en dépendre. C'est le cas notamment du recel qui implique qu'il soit démontré que le suspect ne pouvait ignorer l'origine frauduleuse de son acquisition. Un prix de vente fortement inférieur à la valeur du bien constitue alors un élément clé de la démonstration. De plus, le prix est l'indicateur du revenu illicite sur lequel la peine peut être définie. Mais au-delà, de la dimension financière de l'analyse, la reconstruction d'un trafic, en tant que forme particulière de réseau, vise également à mieux comprendre l'implication de chacun des acteurs. Le modèle visuel doit donc soutenir à la fois la compréhension de la structure du groupe et faciliter l'analyse de la dimension économique du trafic.

Cette forme d'analyse et le pattern visuel proposé comportent de nombreuses analogies avec l'analyse d'autres types d'information, telles que les données de téléphonie et les transactions financières. Il est hors du cadre de ce chapitre de discuter l'application de la méthode à ces données en particulier, mais un pattern général d'analyse de transaction peut être défini (Rossy, 2011). En l'occurrence, la

reconstruction d'un trafic de marchandise se fonde le plus souvent sur les déclarations des protagonistes du trafic, voire celles de témoins. En effet, il n'est pas rare qu'aucunes traces des transactions (par ex. des enregistrements bancaires ou une comptabilité personnelle) ne soient retrouvées lors de l'enquête. Le schéma soutient donc un troisième objectif ; comparer les déclarations pour y détecter des incohérences ou des similitudes.

Conception du modèle visuel

Le modèle visuel repose en fait sur une simplification importante. En effet, seul les acteurs du réseau sont représentés sous la forme d'entité pour faciliter l'analyse de la structure du réseau. Les ventes, les objets et leurs prix sont quant à eux regroupés en transactions visualisées par des relations dirigées entre les vendeurs et les acheteurs (voir Figure 5, partie de gauche). La spécificité du modèle visuel réside dans un usage adapté des propriétés des liens pour décrire le type de produits vendus ou des voies d'approvisionnement par la couleur et la quantité de produits ou le prix de vente par l'épaisseur du trait. Des échanges peuvent être symbolisés par des flèches bidirectionnelles (voir Rossy, 2011). Au niveau de sa structure, le flux des transactions est représenté de gauche à droite sur l'axe horizontal. En effet, une structure verticale donne une impression visuelle de hiérarchie. La structure horizontale est donc à privilégier pour visualiser des groupes criminels, sauf si les relations de hiérarchie sont clairement identifiées. De plus, l'axe horizontal souligne la dimension temporelle du flux qui est classiquement perçue en suivant le sens de lecture (voir Figure 5, partie de droite). Il faut relever ici que des schémas de flux temporels peuvent également être produits pour analyser la dynamique temporelle du marché (pour plus de détails, voir notamment Rossy, 2011).

Figure 6 Représentation de la diversité des déclarations (quantité, prix et source). La comparaison des témoignages et des versions d'un même protagoniste est facilitée par un regroupement des informations à chaque étape du trafic.

Lorsque l'ampleur du trafic est importante (tel que celle du trafic représenté sur la Figure 7), des schémas spécifiques peuvent être produits pour analyser chaque partie de l'affaire en détails. La Figure 6 représente en effet une portion du trafic global. Seules les déclarations portant sur les ventes d'un type de produit particulier sont détaillées. Le schéma de la Figure 7 synthétise quant à lui l'ensemble du trafic. La couleur des relations distingue les types de produits et facilite la mise en perspective avec chacun des schémas détaillés qui reprennent la convention de couleur.

Le schéma de trafic : recommandations méthodologiques spécifiques

- Identifier les acteurs du réseau. Les personnes constituent le type d'entité principal de l'analyse.
- Représenter les transactions par des liens dirigés entre le vendeur et l'acheteur :
 - *La couleur du lien permet de distinguer des types de produit ou des voies d'approvisionnements.*
 - *L'épaisseur du trait est proportionnelle au nombre de produits vendus ou aux prix (valeur totale des transactions entre deux acteurs).*
 - *Le flux du trafic est représenté par une structuration horizontale de gauche à droite. L'axe vertical est évité car il induit une perception visuelle de hiérarchie souvent inadaptée pour représenter un groupe criminel.*
- Exploiter les attributs des liens pour représenter et comparer les déclarations :
 - *Les sources (par ex. déclarations des acteurs et témoins) sont indiquées en regard de chacune des informations pour faciliter les comparaisons.*
 - *Le type de police permet de distinguer le type d'attribut (quantité, prix, source).*
- Les recommandations du « schéma de réseau » s'appliquent. En particulier, il est possible d'intégrer les mesures sociométriques de centralité.
- Les conventions et recommandations générales doivent être suivies (cf. Méthodologie générale de conception)

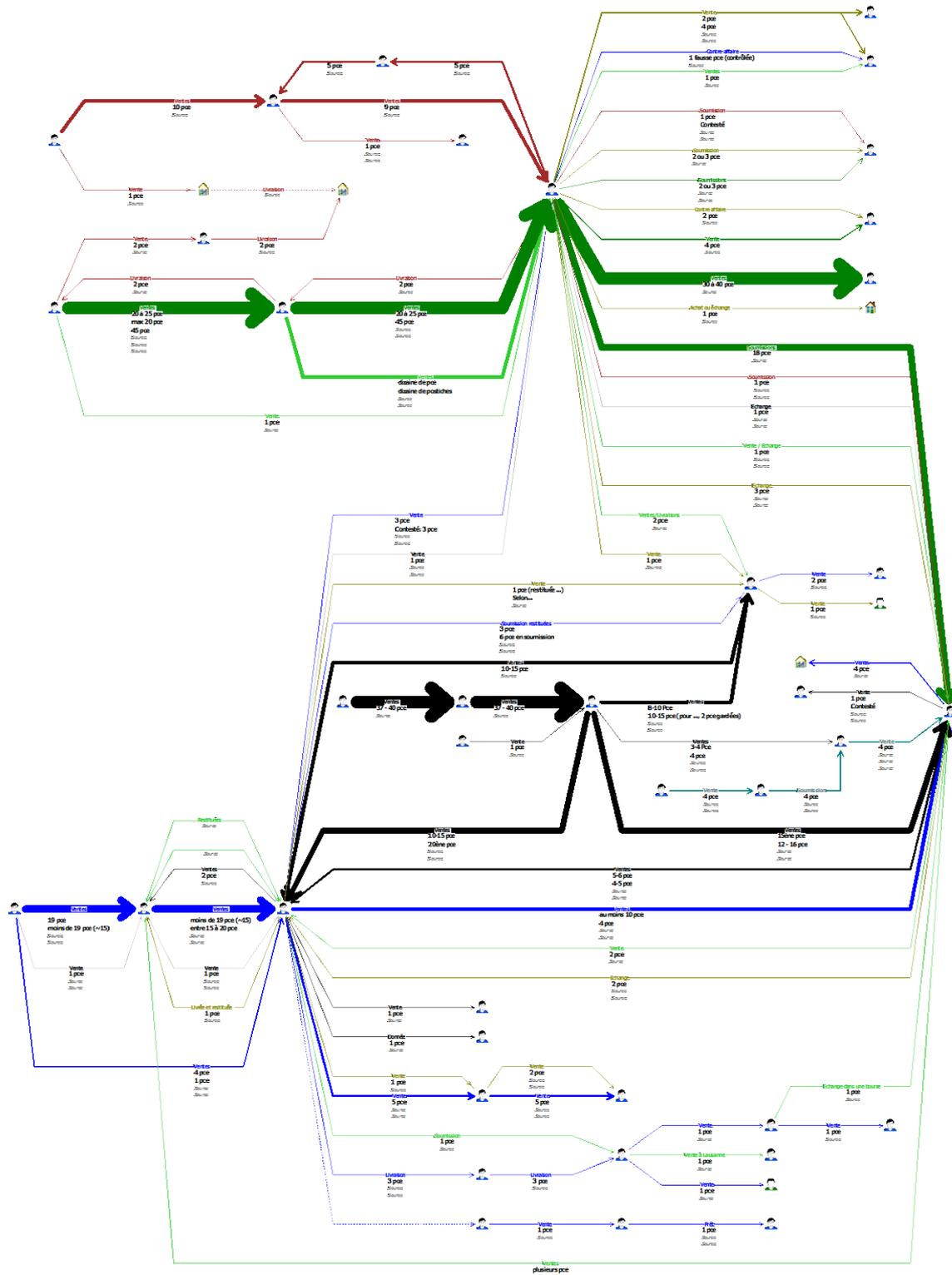


Figure 7 Schéma d'un trafic de contrefaçon de montres reconstruit sur la base des déclarations de témoins et des acteurs du réseau : (1) la couleur des traits représente le type de produit (ici la marque de montres), (2) l'épaisseur des traits est proportionnelle à la quantité de produits vendus pour identifier les incohérences et les informations manquantes, (3) les quantités, prix et sources sont représentés par des attributs des liens.

Le schéma d'événement : reconstruire la chronologie et le script des activités

Objectifs de la représentation

La reconstruction de la séquence des activités constitue la démarche centrale de l'enquête criminelle initiée par la commission d'une infraction. Un schéma d'événement vise alors à soutenir le processus d'investigation en représentant la chronologie de l'affaire. Il intègre la dimension temporelle, la localisation des activités et les relations avec les entités impliquées, telles que les personnes et les véhicules connus ou à identifier. Le schéma décrit l'ensemble des étapes de l'événement pour mieux comprendre l'implication des acteurs, détecter des incohérences ou guider la collecte de nouvelles informations par exemple.

Perspectives d'analyse

L'analyse repose sur une décomposition de l'événement en une séquence d'étapes pertinentes pour le décrire et le reconstruire. Pour guider la définition du modèle, l'approche d'analyse par scripts proposée par Cornish (1994) offre plusieurs perspectives. Cornish définit, en effet, une approche générale de décomposition des activités criminelles selon une séquence d'étapes (appelées épisodes) décrite sous la forme d'un script. L'information est organisée selon une structure procédurale de comportements et routines. Si la démarche vise la formalisation de connaissances générales sur des types d'infraction et d'activité, elle permet également de guider la conception du schéma spécifique à une affaire. En effet, la décomposition du problème suit la même logique qui se fonde sur l'identification des épisodes principaux de l'activité. Et par analogie, les diverses versions collectées au cours d'enquête peuvent être traitées comme les facettes d'un épisode qui, dans le modèle général, décrivent les diverses possibilités d'exécution. Mais au-delà d'une approche de décomposition similaire, les scripts formalisés pour décrire des types d'activité peuvent être directement exploités pour guider la structuration des informations d'une affaire particulière en suivant la formalisation des étapes définies dans le modèle général. Si un script correspondant au type d'affaire traitée préexiste, il convient de s'y référer pour concevoir la structure du schéma d'événement. Parallèlement, les cas traités peuvent alimenter la définition de modèles généraux.

En plus de faciliter la reconstruction des chronologies, les schémas d'événement visent également à représenter l'implication d'entités pertinentes à chacune des

étapes de l'activité. En effet, si les épisodes constituent le type d'entités principal de l'analyse, les relations qu'ils entretiennent avec d'autres entités pertinentes doivent être représentées (telles que des personnes, des objets ou des véhicules). L'approche repose donc à la fois sur une décomposition du script et une représentation relationnelle. La démarche est hybride. Elle permet ainsi d'analyser l'implication spécifique des acteurs au fil des étapes de l'activité criminelle (Morselli & Roy, 2007).

Conception du modèle visuel

La représentation intègre donc la séquence des étapes de l'activité et leurs relations avec les entités d'intérêt pour l'enquête. Un exemple simplifié d'une affaire réelle est présenté sur la Figure 9. Le schéma se compose de trois parties principales qui divisent les épisodes avant, pendant et après l'infraction. L'affaire présentée porte sur le braquage d'un fourgon de marchandises pendant une livraison. Les versions des témoins concernant l'épisode de neutralisation du fourgon sont représentées par des boxes alignés verticalement. Dans le contexte de l'affaire, l'étape était capitale pour comprendre les raisons de l'arrêt du véhicule par le chauffeur et rechercher sur le terrain des indices complémentaires.

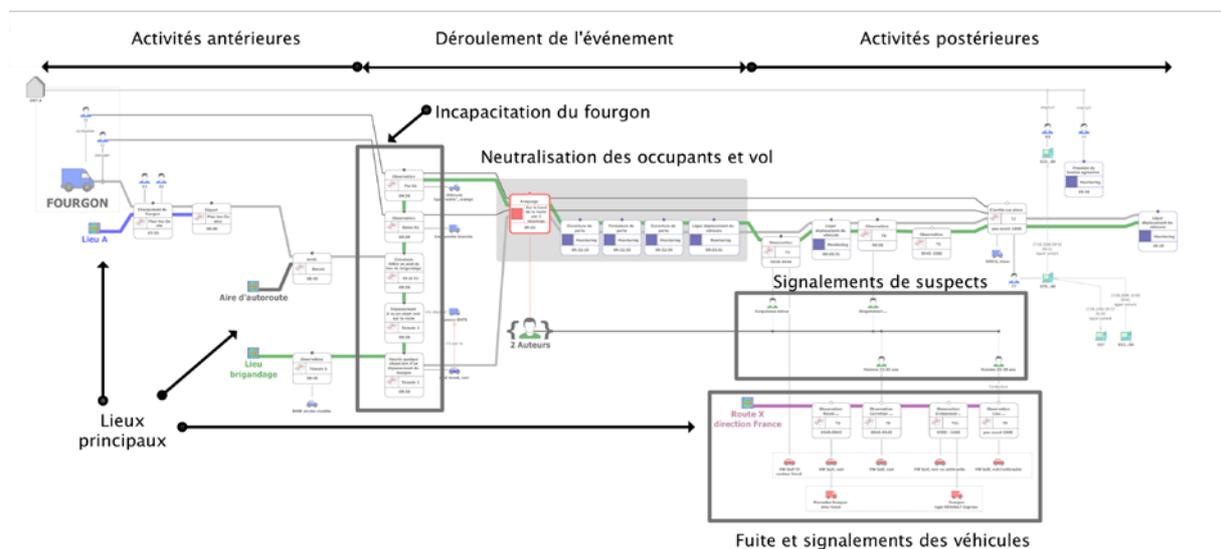


Figure 8 Explications de la structure de la Figure 9. L'ensemble des informations est structuré en fonction de la chronologie et des lieux principaux des épisodes du script.

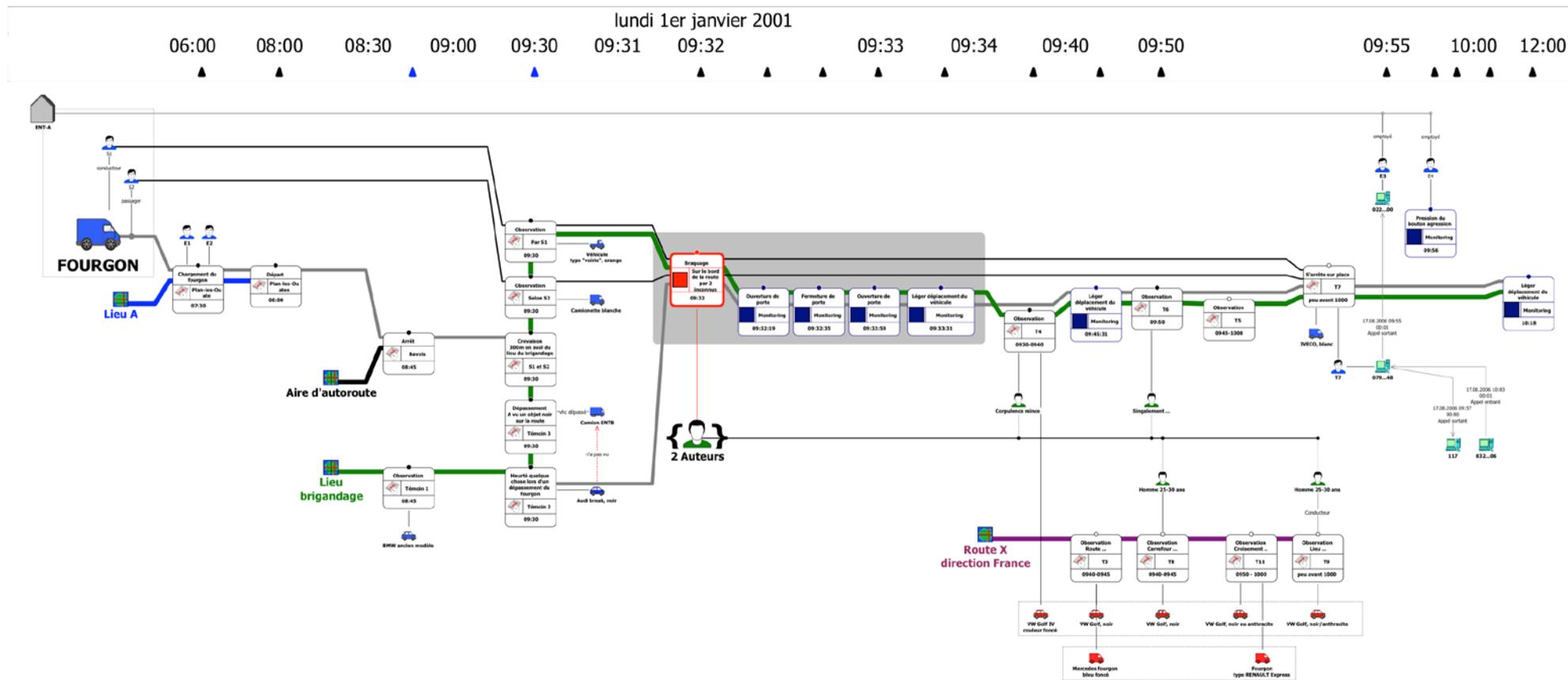


Figure 9 Schéma chronologique du braquage d'un fourgon (version simplifiée). La section « conception du modèle visuel » explicite la méthodologie de construction du schéma. Le schéma correspond à la situation telle qu'elle était connue le jour du brigandage. Il a ensuite été modifié et étendu au fil de l'enquête.

Des lignes de temps colorées lient l'ensemble des épisodes en regard de leur localisation. Pour chaque lieu principal de l'affaire une ligne spécifique est définie. Le point de départ du fourgon (bleu), le lieu d'un arrêt sur une aire d'autoroute (noire), le lieu du braquage (vert) et la voie de fuite (violet) sont représentés, car ils sont essentiels pour reconstruire et comprendre l'affaire. Ils guident notamment la recherche de témoignages et d'enregistrements de vidéosurveillance. Les signalements de personnes et de véhicules à identifier sont également représentés pour répondre aux objectifs d'identification et de localisation de début d'enquête. Les témoignages sont regroupés dans des zones dédiées pour faciliter la comparaison (cf. encadrés sur la Figure 8).

Le schéma d'événement : recommandations méthodologiques spécifiques

- Décomposer la séquence de l'activité selon les étapes du script général. Les épisodes de l'activité sont les types d'entité principaux de l'analyse :
 - *La décomposition de l'activité se base sur une formalisation préétablie du script général et/ou sur des cas antérieurs.*
 - *Chaque épisode est représenté chronologiquement de gauche à droite par des icônes ou des boxes. L'échelle de temps doit être visualisée et encrée sur les épisodes dont l'information temporelle est confirmée.*
 - *Les versions issues des sources sont regroupées verticalement sous la forme d'entités séparées ou de textes (attributs d'une même entité), afin de faciliter les comparaisons. Une mention claire de chacune des sources doit être indiquée.*
 - *L'axe vertical est exploité pour distinguer des étapes de script concomitantes.*

- Intégrer la dimension spatiale des activités :
 - *Les épisodes sont regroupés dans des espaces distincts sur l'axe vertical et des lignes horizontales de couleur représentent les lieux principaux.*
 - *Le niveau de précision est évalué en fonction de l'importance des déplacements spatiaux pour l'affaire.*
 - *Si l'analyse de la distribution spatiale des épisodes doit être précise, il convient d'élaborer une carte qui peut alors reprendre les conventions de couleur exploitées sur le schéma pour en faciliter la mise en perspective.*

- Représenter les entités importantes pour l'enquête par des icônes distincts :
 - *Il convient de ne schématiser une même entité qu'une seule fois sur le schéma, afin de pouvoir analyser clairement son implication pour chacune des étapes du script auxquelles elle est liée.*
 - *Les entités principales liées à plusieurs étapes du script sont représentées par des lignes de temps.*
 - *Si deux sources mentionnent des entités qui paraissent être la même (tels que des signalements), il convient de visualiser clairement l'hypothèse (par exemple, en la représentant par un cadre ou un lien pointillé). Une seule entité n'est utilisée que dans les cas où la correspondance est confirmée.*

- Représenter l'ensemble des relations entre les étapes de l'activité, les lieux et les entités pertinentes par des liens :
 - *Les couleurs décrivent les types de liens (relations spatiales, rôles, liens familiaux, professionnels, etc.)*
- Les conventions et recommandations générales doivent être suivies (cf. Méthodologie générale de conception)

Le schéma de série : reconstruire l'activité d'auteurs prolifiques

Objectifs de la représentation

De nombreuses enquêtes portent sur le traitement de séries de délits perpétrés par des auteurs dits prolifiques. Détecter, reconstruire et analyser les répétitions criminelles est alors essentiel pour la définition de solutions adaptées (Cusson, 2008). Détecter des régularités spatio-temporelles pour la mise en place de surveillances, confirmer l'hypothèse qu'un ensemble de cas a été commis par le même individu ou groupe d'individus ou encore identifier des modes opératoires émergeant à des fins de prévention, sont autant de renseignements qui découlent de l'analyse d'une série. En cours d'enquête, plusieurs formes de visualisation peuvent être exploitées pour soutenir l'analyse : représenter les distributions temporelles et spatiales par des diagrammes et des cartes ou représenter l'ensemble des relations entre les cas sur des schémas d'événements afin d'évaluer l'hypothèse d'appartenance des cas à la série.

Perspectives d'analyse

Contrairement au schéma d'événement, le schéma de série n'implique pas de décomposer la séquence de chaque cas. Il est structuré par la chronologie des événements eux-mêmes. La principale difficulté méthodologique réside dans la représentation de l'ensemble des relations détectées entre les cas. Il est en effet essentiel de bien exprimer ces relations pour soutenir le processus d'évaluation de l'appartenance des cas à la série.

Premièrement, la proximité spatio-temporelle entre les événements doit être visualisée pour évaluer la cohérence de la série. En effet, plusieurs cas ne peuvent avoir été commis par un même auteur ou un même groupe d'auteurs que si les distances spatio-temporelles entre les cas sont compatibles avec les temps de

déplacements nécessaires pour parcourir les distances. Deuxièmement, il n'est pas rare que les auteurs volent des véhicules pour se déplacer entre les lieux ou pour transporter leurs butins par exemple. Certains véhicules volés sont également parfois retrouvés à proximité d'autres événements criminels. Les informations sur les véhicules et plaques volés et retrouvés doivent donc être représentées, car elles permettent de détecter des relations pertinentes. Troisièmement, les traces matérielles offrent de nombreuses perspectives pour détecter des répétitions criminelles (Ribaux *et al.* 2003). De manière générale, différents types de liens peuvent être établis sur la base des traces : un lien avec la source de la trace (une personne ou un objet), des liens vers plusieurs sources (notamment lorsque la trace est partielle), ainsi que des liens établis sur la base du type de source, comme le motif d'une semelle qui indique que le même type de soulier a laissé les traces (Ribaux & Margot, 1999). Finalement, d'autres types de relations peuvent être détectés sur la base de similitudes de mode opératoire, de choix des cibles, voire du butin retrouvé.

Conception du modèle visuel

Sur le schéma, les types de relation doivent être clairement distinguables et les incertitudes associées à chacun d'eux représentées. Alors que les événements sont systématiquement visualisés par des entités, chaque type de relations implique un modèle visuel adapté.

Comme déjà mentionné, il est d'usage de représenter les chronologies par la position des événements sur l'axe horizontal. Les relations spatiales peuvent être représentées par les icônes ou les couleurs des événements, voire par des cadres. Il n'est pas recommandé de représenter les relations spatiales par des entités liées aux événements pour ne pas surcharger le schéma. Les cadres sont à privilégier car ils permettent de distinguer des sous-groupes spatio-temporels. Le type d'icône peut faire référence à des zones géographiques générales (par ex. avec des drapeaux), mais il peut également servir à distinguer les types d'événements.

Les relations entre les événements, les véhicules et les plaques d'immatriculation sont représentées par des liens multiples. C'est-à-dire un lien liant les trois types d'entité. Bien que diverses structures de graphe soient envisageables, le lien multiple

est la seule représentation qui permet d'exprimer ces relations efficacement et sans ambiguïté (Rossy, 2011). Les relations forensiques sont visualisées par des liens entre l'événement et le profil de la trace (par ex. un profil ADN ou un motif de semelle). Un lien multiple est utilisé si la trace est liée à plusieurs profils (cf. Figure 10).

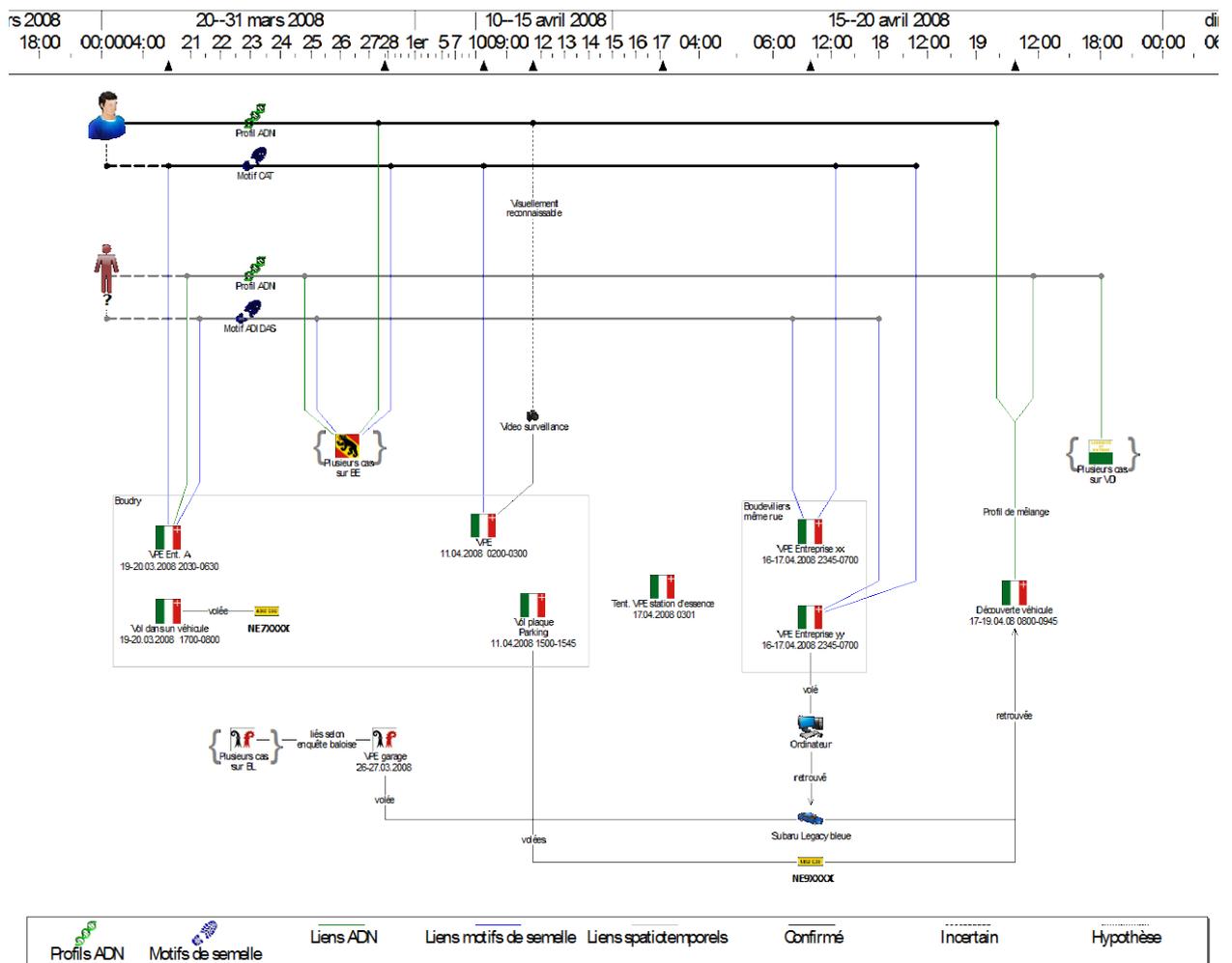


Figure 10 Extrait du schéma d'une série. Les événements sont visualisés par des entités positionnées chronologiquement sur l'axe horizontal. Les icônes représentent des zones géographiques générales et es cadres des relations spatiotemporelles spécifiques. Les relations détectées par les traces (même profils) sont visualisées par des liens entre les événements et les profils qui sont représentés par des lignes de temps horizontales. D'autres types de liens sont intégrés, tels que les relations détectées sur la base de véhicules et plaques volés et retrouvés et le butin des cas.

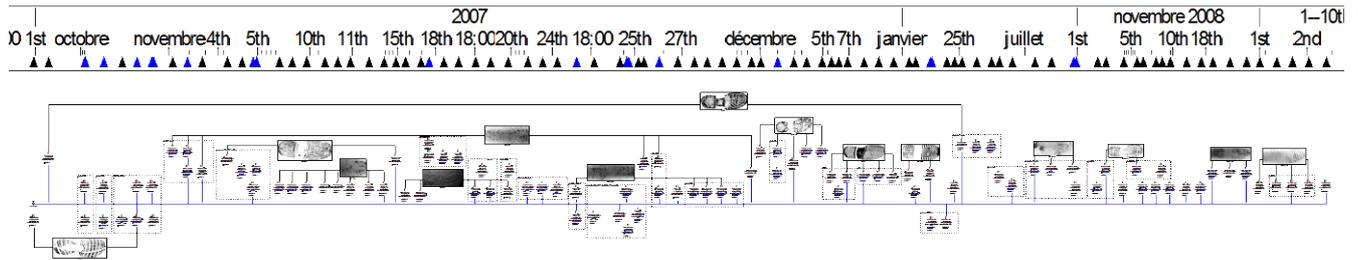


Figure 11 Schéma général d'une série de cambriolages imputée à un auteur prolifique. La ligne de temps centrale (bleue) représente le profil ADN de l'auteur qui est lié à environ un quart des cas. Les autres relations détectées sont principalement basées sur les traces de semelles (dont les images des motifs sont intégrées sur le schéma) et la proximité spatiotemporelle décrite par des cadres.

La Figure 11 présente le schéma complet d'une série portant sur une centaine de cambriolages perpétrés par le même auteur. Pour l'enquête, les images des motifs de traces de semelles détectées sur les cas ont été ajoutées afin d'avoir la vue d'ensemble sur les motifs supposés correspondre aux souliers utilisés par l'auteur et faciliter le processus de comparaison pour le service de police scientifique. Lors des interventions quotidiennes, le schéma permet alors de se remémorer globalement la série en cours et les traces détectées sur les cas antérieurs. Ainsi, il étant la mémoire collective du service, oriente la recherche de traces et facilite le processus de détection de nouveaux cas appartenant à la série (Ribaux *et al.*, 2010).

Le schéma de série : recommandations méthodologiques spécifiques

- Reconstruire la série d'événements en représentant l'ensemble des relations détectées entre les cas. Les événements constituent le type entités principal de l'analyse :
 - *Les événements sont structurés chronologiquement de gauche à droite. L'échelle de temps doit être visualisée et encrée sur les événements dont l'information temporelle est confirmée.*
 - *L'icône peut être exploitée pour décrire le type d'événements.*
- Intégrer la dimension spatiale des activités :
 - *Les localisations géographiques sont décrites par l'icône des événements en utilisant des drapeaux (pays, régions, villes).*
 - *Des cadres sont utilisés pour représenter les relations spatiotemporelles spécifiques.*
- Représenter l'ensemble des relations détectées entre les événements de la série :
 - *Les relations entre les événements, les véhicules et les plaques d'immatriculation sont représentées par des liens multiples.*
 - *Les relations forensiques sont représentées par des liens. La couleur des liens permet de distinguer leurs types. Les événements sont liés aux profils détectés (profils ADN, motifs de soulier, etc.). Ces derniers sont représentés par des lignes de temps. Le label du lien peut être utilisé pour*

représenter le lieu de prélèvement par exemple.

- Les conventions et recommandations générales doivent être suivies (cf. Méthodologie générale de conception)

Conclusion

Il a été montré dans ce chapitre qu'une démarche d'analyse fondée sur l'utilisation de schémas relationnels peut avantageusement compléter l'approche sociométrique d'analyse en réseau par une richesse d'expression qualitative. Bien que relevant un véritable défi méthodologique, l'intégration des deux approches dans une démarche commune offre des perspectives prometteuses pour soutenir l'analyse des informations d'enquête. En effet, la visualisation relationnelle des informations permet de soutenir un nombre important d'objectifs, tels qu'aider à reconstruire et qualifier les infractions ou reconstruire des réseaux criminels, mais aussi faciliter l'appréhension globale d'un dossier et soutenir la communication au sein d'équipes d'enquête. Diverses formes de représentations relationnelles peuvent ainsi être conçues pour soutenir la prise de décisions en tant que support commode pour organiser les informations et faciliter leur analyse.

Dans cet objectif, quatre types classiques de schéma ont été présentés et discutés : (1) le schéma de réseau criminel, (2) le schéma de trafic, (3) le schéma d'événement et (4) le schéma de série. Les deux premiers soutiennent les enquêtes qui portent sur la reconstruction des activités de groupes criminels. Les deux suivants visent à soutenir le processus de reconstruction d'événements criminels complexes qu'il s'agisse de cas singuliers ou de séries. Inventorier ces formes d'exploitation et les formaliser sous la forme de patterns vise à faciliter l'échange de connaissances entre praticiens et à mieux définir la méthodologie de conception des schémas relationnels sans rigidifier la démarche. Il ne saurait être démontré formellement que les solutions proposées sont les meilleurs possibles. Elles ont toutefois montré une certaine efficacité en cours d'enquête.

Références

Anacapa. (2013). Anacapa Sciences, Inc. <http://www.anacapasciences.com/>, consulté le 28 janvier 2014.

- Barthélemy, M., Chow, E., & Eliassi-Rad, T. (2005). Knowledge Representation Issues in Semantic Graphs for Relationship Detection. *AAAI Spring Symposium: AI Technologies for Homeland Security*, 91–98.
- Bex, F., van den Braak, S. W., van Oostendorp, H., Prakken, H., Verheij, B., & Vreeswijk, G. (2007). Sense-making software for crime investigation: how to combine stories and arguments? *Law, Probability and Risk*, 6(1-4), 145–168.
- Brodeur, J.-P. (2005). L'enquête criminelle. *Criminologie*, 38(2), 39–64.
- Chen, H., Schroeder, J., Hauck, R. V., Ridgeway, L., Atabakhsh, H., Gupta, H., ... Clements, A. W. (2003). COPLINK Connect: information and knowledge management for law enforcement. *Decision Support Systems*, 34(3), 271–285.
- Cornish, D. B. (1994). The procedural analysis of offending and its relevance for situational prevention. *Crime Prevention Studies*, 3, 151–196.
- Cusson, M. (2008). Répétitions criminelles, renseignements et opérations coup-de-poing. *Problèmes Actuels de Science Criminelle*, 21, 37–52.
- Fedpol. (2010). *Manuel d'analyse criminelle opérationnelle*. Berne, Suisse: Office fédéral de la police (Groupe de travail suisse analyse criminelle opérationnelle).
- Harper, W. R., & Harris, D. H. (1975). The application of link analysis to police intelligence. *Human Factors*, 17(2), 157–164.
- Heuer, R. J., & Pherson, R. H. (2010). *Structured analytic techniques for intelligence analysis*. Washington, DC: CQ Press.
- Innes, M., Fielding, N., & Cope, N. (2005). The appliance of science? The theory and practice of crime intelligence analysis. *British Journal of Criminology*, 45, 39–57.
- Interpol. (1997). *Guide sur l'analyse criminelle* (2ème éd.). Lyon, France: Interpol (Groupe de travail sur l'analyse criminelle).
- Kind, S. S. (1994). Crime investigation and the criminal trial: a three chapter paradigm of evidence. *Journal of the Forensic Science Society*, 34(3), 155–164.
- Klerks, P. (2001). The network paradigm applied to criminal organizations: theoretical nitpicking or a relevant doctrine for investigators? Recent developments in the Netherlands. *Connections*, 24(3), 53–65.
- Kolda, T., Brown, D., Coronas, J., Critchlow, T., Eliassi-Rad, T., Getoor, L., ... Wong, P. C. (2004). *Data sciences technology for homeland security information management and knowledge discovery*. Report of the DHS Workshop on Data Sciences.
- Mowbray, C. (2009). Analytical charting. In S. Gwinn, C. Bruce, J. P. Cooper, & S. Hick (Eds.), *Exploring Crime Analysis* (2ème éd.). Overland Park, KS: BookSurge Publishing.

- Morris, J. (1986). *The Crime Analysis Charting*. Loomis, CA: Palmer Press.
- Morselli, C., & Roy, J. (2008). Brokerage qualifications in ringing operations. *Criminology*, 46(1), 71–98.
- Newman, M. E. J. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, 45(2), 167–256.
- Pottenger, W. M., Yang, X., & Zanas, S. V. (2007). *Link analysis survey status update - january 2006*. U.S. Department of Justice (National Criminal Justice Reference Service)
- Peterson, M. (1998). Joining the debate: product vs. process. *IALEIA Journal*, 11(1), 1-13.
- Peterson, M. B., Morehouse, B., & Wright, E. (2000). *Intelligence 2000: revising the basic elements*. Lawrenceville, NJ: Law Enforcement Intelligence Unit and International Association of Law Enforcement Intelligence Analysts.
- Ribaux, O., & Margot, P. (1999). Inference structures for crime analysis and intelligence: the example of burglary using forensic science data. *Forensic Science International*, 100(3), 193–210.
- Ribaux, O., Girod, A., Walsh, S. J., Margot, P., Mizrahi, S., & Clivaz, V. (2003). Forensic intelligence and crime analysis. *Law, Probability and Risk*, 2(1), 47–60.
- Ribaux, O., Baylon, A., Lock, E., Delémont, O., Roux, C., Zingg, C., & Margot, P. (2010). Intelligence-led crime scene processing. Part II: Intelligence and crime scene examination. *Forensic Science International*, 199(1-3), 63–71.
- Rossy, Q. (2011). *Méthodes de visualisation en analyse criminelle: approche générale de conception des schémas relationnels et développement d'un catalogue de patterns*. Ph.D. Thesis. School of criminal justice, University of Lausanne.
- Rossy, Q., & Ribaux, O. (2012). La conception de schémas relationnels en analyse criminelle: au-delà de la maîtrise des outils. *Revue Internationale de Criminologie et de Police Technique et Scientifique*, LXV(3), 345–362.
- Rossy, Q., & Ribaux, O. (2014). A collaborative approach for incorporating forensic case data into crime investigation using criminal intelligence analysis and visualisation. *Science & Justice*, 54(2), 146-153.
- Schroeder, J., Xu, J., Chen, H., & Chau, M. (2007). Automated criminal link analysis based on domain knowledge. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(6), 842–855.
- Senator, T. E. (2005). Link mining applications: progress and challenges. *SIGKDD Explorations*, 7(2), 76–83.

- Simms, B. W., & Petersen, E. R. (1991). An information processing model of a police organization. *Management Science*, 37(2), 216–232.
- Sparrow, M. K. (1991). The application of network analysis to criminal intelligence: an assessment of the prospects. *Social Networks*, 13(3), 251–274.
- UNODC. (2002). *Criminal intelligence training: manual for analysts*. United Nations Office on Drugs and Crime.
- Van den Braak, S. W. (2010). *Sensemaking software for crime analysis*. Ph.D. Thesis. Department of Information and Computing Sciences, Utrecht University, Utrecht, Netherlands.
- Wigmore, J. H. (1913). *The principles of judicial proof as given by logic, psychology, and general experience, and illustrated in judicial trials*. Boston: Little, Brown, and company.
- Xu, J. J., & Chen, H. (2005). CrimeNet explorer: a framework for criminal network knowledge discovery. *ACM Transactions on Information Systems*, 23(2), 201–226.