



HAL
open science

About the relevance of experts' reports

Marion Vorms, Anouk Barberousse

► **To cite this version:**

| Marion Vorms, Anouk Barberousse. About the relevance of experts' reports. 2024. hal-04395108

HAL Id: hal-04395108

<https://hal.science/hal-04395108v1>

Preprint submitted on 15 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

About the relevance of experts' reports

Anouk Barberousse, Sorbonne-Université

Marion Vorms, Paris 1, IUF Contact : mvorms@gmail.com

Only the Introduction and Conclusion are in English. Below them is the full article in French.

Summary

This paper shows the importance of a widely overlooked property that experts' reports must have to efficiently support decision-making: relevance. The strategy here is to focus on the court setting, which both highlights the complexity of the inferential process that agents must implement when using scientific information to make a decision and magnifies the several possible routes for communication failure between experts and decision-makers.

Introduction

Although its results are sometimes uncertain and subject to revision, it is hardly disputed that science is the most reliable and objective source of information about the world. Consequently, there is little doubt that a decision is likely to be better if it takes account of scientific knowledge rather than if it ignores it; this is the reason why decision-makers often rely on the epistemic authority of specialists – individuals or colleges of experts – to answer a number of questions.

The recourse to scientific expertise to assist decision-making raises a number of problems, some of which have been clearly identified by philosophers of science. The first of these concerns the identification of 'good' experts: how can a non-expert assess a scientist's credibility, and what should he do in case of disagreement between experts (Goldman 2001)? Who should he believe, and why? On these matters, philosophers widely agree that laypeople cannot but refer to external markers such as experts' institutional recognition, which constitute the best indicators of their claims' reliability for those who are not able to evaluate the content of those claims. However, unlike some sociological approaches that reduce expertise to what institutions recognize as such (see Collins and Evans 2009), philosophers of science's reflections on the question of the foundations of trust in experts focus on the link between institutional markers

and the reality of the epistemic reliability of both the results of science and the claims made by individual scientists (Blais 1987; Hardwig 1991; Bouchard 2016).

Over and above the reliability of scientists' claims, another question is crucial for experts' reports to inform decision-making: their usefulness. Expert reports are rarely requested for purely contemplative purposes but as decision-making tools. What requirements must a report meet to constitute good expertise, i.e., provide decision-makers with the information they need to make the best decision in light of their goals and preferences? Thus posed, from the perspective of the scientists called upon to give advice as experts, this question raises the issue of the norms governing good practice. How can scientists satisfy the demands of efficiency and usefulness expected of their expert mission? How can they provide decision-makers with the information they need to make the best decisions in the light of their objectives? While the knowledge produced by scientific research is rarely clear-cut and categorical, how can they provide answers that are sufficiently clear and unambiguous to be understood and used, without sacrificing accuracy, i.e. by remaining faithful to the state of scientific knowledge?

This article aims to clarify the conditions for the success – or the reasons for the failure – of communication between experts and decision-makers, conceived as aiming to put the latter in the most favourable epistemic state to make the best decision with regard to their preferences (and not those of the experts). We argue that this success is largely measured by the conclusions that decision-makers draw from the statements made by scientists. In other words, this success does not depend solely on the accuracy of the information received by decision-makers, but also its relevance: what it allows us to conclude about the particular problem we are dealing with is as important as the fact that it is accurate.

Accordingly, from the decision-maker's perspective, the question of how to make good use of an expert's report is not just 'can I believe that?' but also 'what can I learn from it for the decision I have to make?' From the expert's perspective, assuming she wants to be useful to the decision-makers, one of the major questions to ask is the following: how can I provide them with information that is relevant to them, in terms of what motivates their advice's request, and therefore the role that this information will play in the inferences that will precede their decision? This last question raises major difficulties because this role is not always easy to determine. Whether it's a question of limiting the production of greenhouse gases, containing the spread of a virus or continuing to exploit the seabed, decision-makers usually have to rely not on an isolated statement, but on a whole range of information, often from different disciplinary fields, with varying degrees of uncertainty, and sometimes pointing in opposite directions. They have to weigh up and combine all the information to arrive at factual conclusions that are sufficiently confirmed and stable to feed the deliberation leading to their decision. In this respect, their situation is (to a certain extent) comparable to that of judges or jurors in a criminal trial who, on the basis of a body of heterogeneous, more or less credible and sometimes contradictory evidence, have to assess the probative value of each piece and relate them to each other in order to arrive at the most accurate possible representation of events – so as to make a fair decision. The approach we adopt in this article thus presupposes that the tasks of judges and decision-makers are similar in nature: they have to conduct some complex epistemic inquiry (in a sense that will be clarified), consisting of drawing practical conclusions from a body of heterogeneous and sometimes uncertain information coming from various sources. Such inquiry – evidential reasoning under uncertainty – is worthy of a general study, whether the contents at stake are scientific or not. However, the difficulties inherent in such inquiries are multiplied when scientific information is at play; this article aims to highlight these difficulties and draw the consequences for reflection on good practice in scientific expertise.

Because our approach addresses the issue of communication between experts and decision-makers as one that needs to be raised in the context of complex epistemic inquiries, we take

testimony in criminal trials as our model in this article. The situation of the witness (expert or lay) in court represents, in some respects, an oversimplification of the way in which expertise is used to assist public decision-making: most of the time, it is individual scientists who take the stand, whereas reports intended to inform public decisions are generally produced by panels of experts, and the procedural constraints specific to the judicial context make it difficult, if not impossible, to hold a healthy dialogue aimed sincerely and constructively at establishing the facts. Scientific testimony in court nevertheless magnifies the various possible routes that misunderstandings relating to relevance can take in complex epistemic inquiries.

First, we define the notion of epistemic relevance and show, by focusing on lay testimony in court, that a misunderstanding about why a witness makes certain claims (about the relevance he attributes to them) can doom communication to failure. We then examine the forms that this type of misunderstanding can take in the case of scientific testimony in court and draw from this analysis some consequences for the task of the scientist called upon to provide expert advice.

Conclusion

For a decision-maker asking a scientist to inform her on a given issue, what matters is what she will be able to learn from the scientist's answers – rather than the status of such answers within scientific 'knowledge'. As a result, good expertise for informing decisions does not meet the criteria that scientific reports endogenous to the academic world must meet. A scientific report which both aims to produce an exhaustive review of the literature and does not explicitly indicate to its reader the relative relevance of the various elements presented is likely not only to be difficult to understand and to waste the time of a non-scientific reader trying to find his way through it, but also to mislead the reader by leading him down false paths and encouraging him to make unwarranted inferences. A good expert report, on the other hand, is one that both selects the scientific information relevant to the decision-maker (ignoring the rest) and presents it in such a way as to make this relevance clear – so as to put the decision-maker on the right inferential path.

This observation sheds new light on the need for the expert to report as accurately as possible what science can say about the subject in question without encroaching on the decision-making process. Applied too rigidly, such a requirement can lead to a failure of communication. Of course, the expert must not calibrate his answer in such a way as to encourage the decision that he himself considers preferable; but in order to put the decision-maker in the epistemic state that is most favourable to making the best decision with regard to his preferences (those of the decision-maker), the expert must sometimes indicate explicitly the inferences that he can or cannot make on the basis of the claims drawn from science. For the same reasons, the expert must sometimes violate the requirement for completeness and omit certain information that is likely to mislead the decision-maker simply because it is mentioned by the expert. Indeed, as in any testimony, the expert not only provides information but also suggests that it is relevant: providing irrelevant information for the sake of completeness would jeopardise the communication.

Unlike the case for lay testimony, we have seen that the task of 'making the state of the art relevant' seems to fall mainly to the expert, by virtue of his epistemic superiority in relation to the issues at stake: he is the only one who knows what inferences are authorised by the answers that science can provide to the question posed. However, the task of clarifying the questions posed by decision-makers cannot fall to scientists alone, and the idea that scientists bear sole responsibility for the success of communication with non-scientists needs to be qualified. In order to provide a good expert advice along the lines defined here, the scientist must take into

account what motivates the question and what the decision-maker intends to do with the answer given. However, the questions asked by non-scientific decision-makers are often 'ill-posed' from a scientist's point of view and their motivation is not always unequivocal. The same question may play several different roles in a complex epistemic inquiry, and its relevance may also depend on other many other issues concerning of other scientific (and sometimes non-scientific) disciplines. This is particularly obvious in crisis situations such as the Covid-19 pandemic, where emergency, high-stake decisions, and ignorance are compounded by the difficulty of combining the contributions of different disciplines – of assessing the relative relevance of each of these contributions. There is a great risk that a scientist who does not have a global and detailed view of the problem faced by decision-makers, or of their implicit assumptions, values and background knowledge, will come up with a response that is out of step with the expected response. To minimise this risk and encourage fruitful communication between scientists and decision-makers in a context of complex epistemic inquiry, the task of clarifying the questions posed should instead be the object of an open dialogue intended to make explicit the implicit assumptions of each party and the relative relevance, from the point of view of scientists and decision-makers, of the various questions at stake.

Qu'est-ce qu'une bonne expertise scientifique ? L'enjeu de la pertinence

Anouk Barberousse, Sorbonne-Université **Marion Vorms**, Paris 1, IUF

Contact : mvorms@gmail.com

Article en cours de soumission

Résumé

Cet article vise à clarifier les conditions du succès – ou les raisons de l'échec – de la communication entre experts scientifiques et décideurs, en mettant en avant l'importance de la pertinence des informations transmises pour les questions que se posent ces derniers. Il se concentre en particulier sur le cadre du tribunal, qui permet d'examiner à la loupe le rôle crucial que joue la pertinence des questions posées aux experts et des réponses qu'ils y apportent.

Introduction

Bien que ses résultats soient parfois incertains et destinés à être révisés, il est largement admis que la science est la source d'informations sur le monde qui présente les meilleures garanties de fiabilité et d'objectivité. En conséquence, il fait peu de doute qu'une décision a de bonnes chances d'être meilleure si elle prend en compte les connaissances scientifiques plutôt que si elle les ignore ; c'est la raison pour laquelle les décideurs s'en remettent souvent à l'autorité épistémique de spécialistes – individus ou collègues d'experts à qui ils demandent de répondre à un certain nombre de questions.

Cet appel à l'expertise scientifique pour l'aide à la décision soulève plusieurs types de difficultés, dont certaines ont été bien identifiées par les philosophes des sciences. La première d'entre elles concerne l'identification des « bons » experts : comment évaluer la crédibilité d'un scientifique, et comment départager des avis contraires, pour qui n'est pas lui-même spécialiste du domaine (Goldman 2001) ? Qui croire, et pourquoi ? Sur ce point, il est assez largement admis que le public non spécialiste est contraint de se référer à des marqueurs externes comme la reconnaissance institutionnelle, qui constituent pour lui les meilleurs indices de fiabilité. Toutefois, contrairement à certaines approches sociologiques qui réduisent l'expertise à des marqueurs sociaux (voir Collins et Evans 2009), les réflexions des philosophes des sciences sur la question des fondements de la confiance dans les experts prennent pour objet le lien entre ces marqueurs (et plus généralement l'organisation institutionnelle de la science) et la réalité de la fiabilité épistémique tant des résultats de la science que des prises de parole de scientifiques individuels (Blais 1987 ; Hardwig 1991 ; Bouchard 2016).

Au-delà de la question de la fiabilité des contenus transmis par les spécialistes d'un domaine scientifique se pose toutefois une autre question cruciale pour l'expertise dans l'aide à la décision : celle de leur utilité. Les rapports d'experts sont rarement demandés dans un but purement contemplatif, mais bien comme outils pour la décision. Quelles sont les exigences qu'un rapport doit satisfaire pour constituer une bonne expertise, c'est-à-dire pour fournir aux décideurs les informations dont ils ont besoin pour prendre la meilleure décision ? Ainsi posée du point de vue non plus des récepteurs (et mandants) de l'expertise, mais des scientifiques appelés à se prononcer comme experts, cette question soulève celle des normes qui s'imposent à ces derniers et des bonnes pratiques qu'ils doivent adopter pour les suivre. Comment satisfaire les impératifs d'efficacité et d'utilité attendues de leur mission d'expertise ? Comment fournir aux décideurs les informations les conduisant à la meilleure décision au regard des buts que ceux-ci poursuivent ? Alors que les connaissances produites par la recherche scientifique sont rarement tranchées et catégoriques, comment fournir des réponses suffisamment claires et univoques pour être comprises et utilisées, et cela sans sacrifier l'exactitude, c'est-à-dire en restant fidèle à l'état des connaissances scientifiques ?

Cet article vise à clarifier les conditions du succès – ou les raisons de l'échec – de la communication entre experts et décideurs, conçue comme visant à mettre ces derniers dans l'état épistémique le plus favorable pour prendre la meilleure décision au regard de leurs préférences (et non de celles des experts). Nous défendons la thèse

que ce succès se mesure en grande partie aux conclusions que les décideurs tirent des affirmations produites par les scientifiques. En d'autres termes, ce succès ne dépend pas seulement de l'exactitude des informations reçues par les décideurs, mais aussi de leur pertinence : ce qu'elles permettent de conclure pour le problème particulier que l'on traite est aussi important que le fait qu'elles soient exactes.

Ainsi, du point de vue du décideur, la question du bon usage d'un rapport d'expertise n'est pas seulement « puis-je croire cela ? », mais aussi « que puis-je en tirer pour la décision que je dois prendre ? ». Du point de vue de l'expert, s'il veut être utile aux décideurs, l'une des questions majeures à se poser est la suivante : comment leur fournir des informations pertinentes pour eux, au regard de ce qui motive leur demande d'expertise, et donc du rôle que ces informations sont appelées à jouer dans le raisonnement qui les conduira à prendre une décision ? Or, cette dernière question soulève parfois de grandes difficultés, parce que ce rôle n'est pas toujours simple à déterminer. En effet, qu'il s'agisse de limiter la production de gaz à effet de serre, de contenir la contagion d'un virus ou encore de poursuivre l'exploitation de fonds marins, les décideurs doivent le plus souvent s'appuyer non pas sur une affirmation isolée, mais sur tout un ensemble d'informations, souvent issues de différents champs disciplinaires, plus ou moins entachées d'incertitude, et qui pointent parfois dans des directions opposées. Il s'agit pour eux de les mettre en balance et de les combiner pour parvenir à des conclusions suffisamment stables et solides pour asseoir leur décision. En cela, leur situation est (dans une certaine mesure) comparable à celle des juges ou des jurés dans un procès criminel qui, sur la base d'un ensemble d'éléments de preuve hétérogènes, plus ou moins crédibles, parfois contradictoires, doivent mesurer la force probante de chacun des éléments et les mettre en relation afin de parvenir à la représentation la plus exacte possible des événements, et cela dans le but de prendre une décision juste. L'approche que nous mettons en œuvre dans cet article présuppose ainsi que les tâches des juges et des décideurs sont de nature semblable : il s'agit de conduire des enquêtes épistémiques complexes (dans un sens qui sera précisé), consistant à tirer des conclusions pratiques d'un ensemble d'informations hétérogènes et parfois incertaines produites par des acteurs divers. Ce type d'enquête, que l'on peut aussi appeler « raisonnement probatoire en situation d'incertitude », mérite d'être étudié de façon générale, que les contenus en jeu soient ou non scientifiques. Les difficultés propres à ces enquêtes sont toutefois démultipliées dans le cas des informations scientifiques ; l'objet principal de cet article est de les mettre en évidence et d'en tirer les conséquences pour une réflexion sur les bonnes pratiques de l'expertise scientifique.

C'est parce que notre approche consiste à aborder la question de la communication entre experts et décideurs comme devant être soulevée dans le cadre d'enquêtes épistémiques complexes que nous prenons comme modèle, dans cet article, le témoignage dans les procès pénaux. La situation du témoin (expert ou non) au tribunal représente par certains aspects une simplification abusive pour penser l'expertise dans l'aide à la décision publique : ce sont la plupart du temps des scientifiques individuels qui se présentent à la barre, alors que les rapports destinés à éclairer les décisions publiques sont en général produits par des collègues d'experts, et par ailleurs les contraintes procédurales propres au contexte judiciaire rendent difficile, voire impossible, la tenue d'un dialogue sain visant de manière sincère et constructive à établir les faits. Étudier le témoignage scientifique au tribunal permet néanmoins

d'examiner à la loupe les différentes routes possibles que peuvent prendre les malentendus liés à la pertinence dans le cadre d'une enquête épistémique complexe.

Dans un premier temps, nous définissons la notion de pertinence épistémique et montrons, en nous concentrant sur le témoignage commun (non scientifique) au tribunal, qu'un malentendu sur les raisons pour lesquelles un témoin produit certaines affirmations (sur la pertinence qu'il leur attribue) peut mettre la communication en échec. Ensuite, nous examinons les formes que ce type de malentendus peut prendre dans le cas du témoignage scientifique au tribunal et tirons de cette analyse quelques conséquences pour la tâche incombant au scientifique appelé à fournir une expertise.

1. La pertinence épistémique

La pertinence, telle que nous l'entendons ici, est une propriété de certaines informations prises en compte par un agent menant une enquête épistémique, propriété qui dépend à la fois de l'état du monde et de l'état d'incertitude ou d'ignorance de l'agent. Par « enquête épistémique », nous désignons ici l'entreprise visant à formuler et confirmer une ou plusieurs hypothèses sur la base d'un ensemble d'informations factuelles non conclusives. Typiquement, l'enquête criminelle, l'enquête scientifique, mais aussi des activités aussi communes que celles consistant à chercher à répondre à des questions comme « d'où provient l'eau qui a engorgé le mur du salon ? » ou « pourquoi la lumière s'est-elle subitement éteinte dans la salle de bain ? » constituent des enquêtes épistémiques. Le juge ou le juré cherchant à évaluer la plausibilité de l'hypothèse de la culpabilité d'un accusé mène lui aussi une enquête épistémique. Une information est pertinente si elle nous permet de progresser dans l'enquête, que ce soit en suggérant des hypothèses nouvelles ou en modifiant la plausibilité d'une des hypothèses en jeu.

Ainsi comprise, la notion de pertinence, qui trouve son origine dans les réflexions de *common law* sur la preuve (Thayer 1969 ; Roberts 2022), se distingue de la notion linguistique popularisée par les travaux en pragmatique de Grice (1995) puis de Sperber et Wilson (2001). Dans le cadre linguistique, la pertinence est une propriété des actes de langage, alors que la pertinence qui nous intéresse ici – la pertinence « épistémique » – qualifie des informations ou éléments de preuve, que leur support soit linguistique ou non, et indépendamment de l'identification de leur source. Nous verrons dans la section 1.2 comment ces deux types de pertinence s'articulent dans le cas du témoignage au tribunal.

Certaines enquêtes épistémiques sont particulièrement complexes, au sens où elles mettent en jeu une multiplicité d'informations dont les liens entre elles et avec les hypothèses principales considérées par les agents ne sont ni univoques ni certains. C'est dans ce genre de cadres qu'il est à la fois important et difficile d'évaluer la pertinence épistémique des informations disponibles. La tâche des juges et des jurés dans un procès criminel, consistant à examiner les pièces d'un véritable puzzle pour parvenir à des conclusions sur un certain nombre de questions d'ordre factuel – tâche que les anglo-saxons appellent le *fact-finding* –, est paradigmatique des enquêtes épistémiques complexes. C'est donc en la prenant comme fil directeur que nous allons explorer, dans cette section, les propriétés de la pertinence épistémique.

Pour plus de simplicité, nous prenons dans cette section des exemples mettant en jeu des informations non scientifiques. Après avoir défini la notion de pertinence en tant qu'elle s'applique à tout élément de preuve appelé à jouer un rôle dans un raisonnement sur les faits, que cet élément soit d'ordre testimonial ou non (1.1), nous montrons comment, dans le cas des témoignages, la dimension intentionnelle de la communication ajoute un niveau de difficulté dans l'évaluation de la pertinence et, ce faisant, du rôle probatoire des informations véhiculées (1.2).

1.1 La pertinence des preuves dans le raisonnement sur les faits au tribunal

Dans ce qui suit, l'image que nous proposons de la tâche du juge ou du juré dans un procès criminel est largement abstraite et idéalisée et ne prétend pas correspondre à des situations réelles, que ce soit dans un système de *common law* à l'anglo-saxonne ou dans un système de droit continental comme en France. La figure du juge ou du juré nous sert essentiellement de modèle pour étudier le raisonnement probatoire – c'est-à-dire le raisonnement sur les faits – et la décision en situation d'incertitude. Nos analyses s'inspirent largement des travaux de David Schum (2001) qui cherche à fournir une théorie générale du raisonnement probatoire en situation d'incertitude, en prenant comme objet premier le raisonnement sur les faits dans l'enquête et le procès criminels.

1.1.1 Éléments de preuve, hypothèse, incertitude et décision

Considérons le juré d'un procès criminel, chargé de se prononcer sur la culpabilité d'un accusé. Pour ce faire, il dispose d'un ensemble d'informations ou éléments de preuve, sur la base desquels il doit évaluer la plausibilité de l'hypothèse principale (**H**), selon laquelle l'accusé est bien l'auteur des faits qui lui sont reprochés.

H est irréductiblement incertaine : même si l'on considère que les preuves disponibles sont accablantes, elles ne sont et ne peuvent être conclusives. En effet, le doute est toujours en principe possible : on peut envisager l'existence d'éléments non disponibles affaiblissant les éléments jusqu'ici considérés et par là **H**, comme l'on peut imaginer une autre hypothèse, incompatible avec **H** mais qui permettrait aussi de rendre compte de l'ensemble des éléments disponibles.

En dépit de cette incertitude, le jury est contraint d'arriver à une conclusion catégorique relativement à **H**, c'est-à-dire qu'il est tenu, *in fine*, d'accepter ou de rejeter **H** afin de déclarer l'accusé coupable ou non coupable. Comme c'est le cas pour toutes les décisions (voir par exemple Jeffrey 1996), celle d'accepter ou de rejeter une hypothèse dépend non seulement de paramètres épistémiques, à savoir l'évaluation de la plausibilité de **H** sur la base des éléments de preuve disponibles, mais aussi de paramètres non épistémiques, parmi lesquels les enjeux de la décision et en particulier les conséquences des différents types d'erreurs possibles (en l'occurrence, condamner un innocent ou acquitter un coupable). Selon ce modèle, la gravité relative des différents types d'erreur permet fixer un « seuil » de plausibilité de **H** au-delà duquel il convient de l'accepter.

Dans ce qui suit, nous n'allons pas nous pencher sur la question du seuil à partir duquel une hypothèse peut être acceptée mais bien sur celle de l'évaluation de sa plausibilité. Autrement dit, nous n'allons pas nous intéresser à la prise de décision elle-même, mais au raisonnement qui la précède ; il convient néanmoins de souligner que le raisonnement probatoire, que ce soit celui du juré qui nous sert ici de modèle ou celui des pouvoirs publics devant prendre des mesures aux conséquences parfois très importantes sur une base incertaine – et dans des délais souvent contraints par l'urgence –, est toujours orienté vers une décision.

1.1.2 Des éléments de preuve en réseau

Comme les romans et films policiers le mettent souvent en scène, les différents éléments de preuve permettant de formuler et d'évaluer des hypothèses quant à l'auteur d'un crime ne peuvent pas être mobilisés isolément les uns des autres, mais doivent l'être en réseau. Cela signifie que la valeur probante de chaque élément de preuve dépend en partie des autres éléments disponibles. Si certains éléments semblent directement incriminants ou disculpants pour un individu (par exemple, une lettre de menace, la présence d'empreintes digitales sur une scène de crime, ou inversement la présence du suspect à des milliers de kilomètres de cette scène à l'heure supposée du meurtre) au sens où ils affectent la plausibilité de **H** de manière assez évidente et en l'absence même de toute autre information, d'autres le sont indirectement, par exemple en nous renseignant sur la crédibilité d'un témoin ou encore sur le sens à accorder à une preuve plus directe. Ainsi, apprendre que l'accusé s'est rendu au domicile de la victime pour une raison « innocente » fait perdre de son caractère probant à la présence de ses empreintes digitales chez elle.

Cette manière de relier un élément de preuve à **H**, soit par une chaîne linéaire (mais pouvant comporter plusieurs maillons), soit en réévaluant la manière dont un autre élément renforce ou diminue la plausibilité de **H**, est constitutive du raisonnement probatoire propre aux enquêtes épistémiques complexes. C'est une tâche essentiellement dynamique, puisque l'évaluation du caractère probant de chaque élément dépend, comme on vient de le voir, de son articulation avec tous les autres. À la suite de David Schum (2001), qui reprend lui-même des catégories d'analyse fondamentales de la *common law*, on peut analyser ce caractère probant sous deux dimensions essentielles : la crédibilité et la pertinence.

1. Crédibilité et pertinence

Suivant David Schum, notons **E*** un élément de preuve, obtenu au terme d'un certain processus et présenté sous une certaine forme — par exemple, le compte-rendu écrit d'une analyse ADN produite par un laboratoire et comparant un échantillon prélevé par le médecin légiste sous les ongles de la victime avec l'ADN du suspect prélevé par la gendarmerie pendant sa garde à vue, une photographie de la victime prise par la police au moment de la découverte du corps, ou encore le récit par un voisin de sa rencontre avec le suspect dans l'escalier. **E** correspond aux événements ou à l'état de fait représentés par **E*** : la (plus ou moins grande) correspondance entre les deux

ADN, le fait que le corps de la victime se trouvait à tel endroit et dans telle position au moment de sa découverte par la police, ou encore le fait que le voisin a rencontré le suspect dans l'escalier. Autrement dit, E est le contenu propositionnel de E^* .

La crédibilité de E^* peut être définie comme la mesure dans laquelle E^* garantit la vérité de E – la mesure dans laquelle il en autorise l'acceptation. Si E^* est très crédible, nous pouvons considérer E comme acquis et poursuivre notre raisonnement sur cette base. La crédibilité d'un élément de preuve dépend de manière essentielle de sa source, et s'analyse différemment selon le type de preuve dont il s'agit. Pour un document ou une vidéo, on cherchera à s'assurer de son authenticité ; pour une analyse ADN on évaluera la chaîne de traçabilité depuis le recueil des échantillons jusqu'à l'analyse, dont on évaluera la précision et l'exactitude ; pour un témoignage, on évaluera la sincérité et la compétence du témoin (voir Schum 2001, p. 98-109).

La pertinence de E^* est la manière dont la connaissance de E nous fait progresser dans notre évaluation de H . Plus précisément, un élément de preuve E^* est pertinent si l'événement ou l'état de fait E qu'il représente nous renseigne sur la plausibilité de H . Cette pertinence peut emprunter plusieurs chemins. Une analyse rapportant la correspondance entre l'ADN retrouvé sous les ongles de la victime d'un meurtre et celui du suspect paraît d'emblée pertinente pour évaluer sa culpabilité. De prime abord, le bulletin météorologique rapportant le temps qu'il faisait à Londres le jour de la mort de la Reine ne l'est pas. Il peut toutefois le devenir, par exemple si la cohérence d'un témoignage clé dépend du temps qu'il faisait ce jour-là ; alors, le bulletin météorologique nous renseigne sur la crédibilité de ce témoignage et donc, indirectement, sur la culpabilité de l'accusé.

La distinction entre crédibilité et pertinence vaut pour tout type de preuve, qu'il s'agisse ou non d'un témoignage. Contrairement à la crédibilité, la pertinence d'un élément de preuve semble indépendante tant de sa source que de la nature de son support. Les images d'une caméra de surveillance et le récit d'un gardien, à supposer qu'ils représentent la même chose (la présence du suspect sur le pas de la porte, vêtu d'une certaine manière, à une certaine heure), s'ils n'ont pas la même crédibilité, ont la même pertinence. Pour autant, comme on le verra dans la section 1.2, l'évaluation de la pertinence – et sa distinction d'avec la crédibilité – gagnent en complexité dans le cas des preuves testimoniales, ouvrant la voie à différents types de malentendus (ou de manipulations) possibles.

1.1.4 Propriétés de la pertinence

Définie comme nous l'avons fait ci-dessus, la pertinence d'une information dépend à la fois de l'avancement de l'enquête épistémique dans laquelle elle est prise en compte et des autres informations disponibles. C'est parce qu'elle se mesure à sa capacité à changer notre évaluation de H et des autres hypothèses envisageables qu'elle est relative au cadre de l'enquête épistémique, partiellement défini par H . Une information non pertinente dans un cadre peut s'avérer cruciale dans un autre. De même, la pertinence d'une information peut se voir considérablement modifiée par l'introduction d'autres éléments ou encore par la formulation d'une hypothèse nouvelle qui vient réorganiser le réseau d'inférences tissé entre les éléments disponibles. Ainsi par exemple un témoignage rapportant la présence d'un suspect

au cinéma à l'heure supposée d'un meurtre constitue un alibi, mais peut perdre sa pertinence, voire en revêtir une nouvelle et se « transformer » en élément incriminant si de nouvelles informations viennent modifier l'estimation initiale de l'heure du meurtre et donner à penser que l'auteur des faits a pu se rendre au cinéma avant de rejoindre sa victime.

En outre, considérer qu'une information est pertinente, c'est dire que l'on peut, à partir d'elle, tirer des conclusions qui modifient l'évaluation de la plausibilité d'une hypothèse, que ce soit **H** ou une autre des hypothèses prises en considération dans l'enquête épistémique. De telles conclusions sont le résultat d'inférences inductives, donc incertaines, et dérivent aussi d'hypothèses implicites qui sont le plus souvent des généralisations empiriques plus ou moins bien fondées et plus ou moins conscientes, issues du sens commun, de l'expérience personnelle de l'agent ou encore du savoir scientifique. Ainsi, par exemple, un rapport médical attestant l'alcoolisme chronique de l'accusé augmente-t-il la plausibilité de l'hypothèse selon laquelle il a violemment agressé sa compagne, en raison de la généralisation selon laquelle la consommation d'alcool favorise la violence.

Pour toutes les raisons mentionnées ci-dessus, l'évaluation de la pertinence d'une information dépend du point de vue de l'agent — ce point de vue pouvant d'ailleurs évoluer au cours de son enquête. Même à supposer que tous les jurés d'un procès disposent exactement des mêmes informations à propos de l'affaire, chacun, par son expérience personnelle, a acquis des connaissances et des représentations du monde — a produit dans son esprit des généralisations empiriques — qui diffèrent au moins partiellement de celles des autres. Tel juré, pour en être issu, connaît très bien le milieu social dans lequel se sont déroulés les événements en cause et saura percevoir la pertinence de tel ou tel détail dans un témoignage, qui passera inaperçu aux yeux des autres. Tel autre, pour avoir conduit une enquête sociologique dans ce même milieu, se prémunira contre des représentations communes empiriquement infondées.

Faire ce constat ne revient ni à sombrer dans le relativisme, ni à renoncer à l'idée d'une norme du raisonnement correct. Certaines inférences sont logiquement fautives, d'autres sont fondées sur des généralisations empiriques fausses ou en contradiction avec d'autres hypothèses implicitement admises. Reste que le raisonnement probatoire est inductif et que plusieurs chemins inférentiels corrects sont possibles. L'une des vertus de la collégialité au tribunal est précisément de permettre la mise en commun des expériences de chacun, de conduire à expliciter les généralisations implicites et, par le dialogue, de parvenir à une estimation commune de ce qu'il est le plus raisonnable de conclure sur la base des informations disponibles, à partir de l'évaluation de leur pertinence et de leur crédibilité.

1.2 La pertinence épistémique des preuves testimoniales

Comme annoncé ci-dessus, nous allons à présent examiner comment les distinctions et propositions que nous avons introduites éclairent la tâche des juges et jurés confrontés aux témoins appelés au tribunal. La plupart des réflexions épistémologiques sur le témoignage (entendu en un sens large, bien plus général que le témoignage dans le cadre formel du tribunal) sont centrées sur la question de sa

fiabilité. Ainsi s'interroge-t-on sur les fondements de notre confiance en autrui comme source de connaissances, c'est-à-dire sur les principes en vertu desquels il est rationnel d'accepter les contenus présentés comme vrais par autrui (Burge 1993; Audi 1997; Fricker 1995; Coady 1995). Quand il est question, de manière plus pratique, de scruter les raisons d'accorder ou de suspendre cette confiance fondamentale dans des situations spécifiques, ces raisons sont pratiquement toujours rapportées à la question de la crédibilité du témoin ou encore à la plausibilité du contenu. Ainsi, quand Madame X dit « j'ai croisé l'accusé dans le couloir », la première question qui semble devoir se poser est celle de savoir si ce qu'elle dit est vrai (si elle a vraiment croisé l'accusé dans le couloir). Cette question dépend elle-même de la crédibilité de Madame X, traditionnellement pensée en termes de sincérité ou de bonne foi (c'est-à-dire de propension à dire ce que l'on croit être vrai) et de compétence (de capacité à former des croyances vraies). Dans tous les cas, la question principale relative à la valeur du témoignage comme source d'information est : « puis-je accepter le contenu qui m'est rapporté ? ».

Pourtant, la pertinence des preuves testimoniales soulève des problèmes spécifiques qui méritent l'attention – et peuvent même aller jusqu'à remettre en question la frontière entre crédibilité et pertinence. En effet, contrairement aux autres types de preuves, dont la pertinence peut être évaluée sans considération de la manière dont elles ont été obtenues, et indépendamment de leur crédibilité, les témoignages sont des actes communicationnels et, en tant que tels, consistent à la fois en la transmission d'un contenu propositionnel et en la manifestation d'une intention communicative. Comme les travaux de Grice (1995) puis de Sperber et Wilson (2001) l'ont montré, un des présupposés implicites partagés par les acteurs d'un échange communicationnel est que tous les actes (linguistiques ou non) sont pertinents pour le sens des contenus échangés. Si les travaux des pragmaticiens sur la pertinence visent surtout à montrer le rôle de la maxime de pertinence pour l'interprétation du contenu des propos tenus, le présupposé de pertinence propre à tout acte assertif a des conséquences pour l'attribution de pertinence épistémique par le sujet d'une enquête épistémique. Les éléments de connaissance apportés par le témoin sont interprétés par les récepteurs du témoignage comme étant pertinents pour les questions qu'ils se posent, tout simplement parce que la production d'un témoignage au tribunal est un acte communicationnel et tombe donc sous le « principe de pertinence ».

En vertu du principe de pertinence, et en dépit de la formule consacrée du serment, on n'attend pas du témoin à la barre qu'il dise *toute* la vérité (on voit mal en quoi cela consisterait), mais bien toute la vérité *pertinente*. Autrement dit, il est attendu de la part de la source une sélection des informations qui soit guidée par son évaluation de la pertinence de ce qu'elle dit relativement aux questions propres à l'enquête épistémique à laquelle elle contribue. Ce constat nous conduit à mettre au jour un certain nombre de difficultés propres à la transmission d'information des témoins au juge.

En premier lieu, rien ne garantit que l'évaluation de la pertinence de différents éléments soit la même pour un témoin et pour les juges ou les jurés. Non seulement témoin et juges n'ont pas les mêmes expériences personnelles, mais encore ils ne disposent pas des mêmes informations sur l'affaire elle-même. Ce problème, généralisable au-delà du cadre judiciaire, est particulièrement saillant dans ce

contexte, où les témoins sont tenus à l'écart des audiences et où l'on cherche à ce qu'ils en sachent le moins possible sur l'affaire – précisément pour garantir leur crédibilité (pour neutraliser leur éventuelle partialité en les empêchant de sélectionner les informations allant dans le sens qu'ils pourraient souhaiter – ou plus simplement pour empêcher qu'ils soient influencés par la connaissance d'autres éléments). Ne possédant pas les mêmes informations que les juges et les jurés, comment les témoins pourraient-ils avoir la même évaluation de la pertinence des informations qu'ils leur communiquent ?

On pourrait répondre que ce constat est de peu d'importance. Que les juges et le témoin n'aient pas la même appréciation de la pertinence des informations délivrées par ce dernier n'importe pas, pour peu que les propos tenus soient exacts ; il revient aux juges, en position épistémique « surplombante », puisqu'ils savent que le témoin ignore (ou peut ignorer) certains aspects de l'affaire, d'en évaluer par eux-mêmes la pertinence. Autrement dit, comme pour tout autre élément de preuve, les juges doivent se demander si le témoin est crédible, donc si **E*** les autorise à admettre **E** ; à eux de tirer de **E** ce qu'ils jugeront utile. Une telle conception reviendrait toutefois à considérer le témoin comme une source neutre ou transparente et à minimiser l'importance d'un des enseignements majeurs de la pragmatique, à savoir que la réception d'un message est indissociable de ce que les récepteurs comprennent des intentions communicatives du locuteur. En transmettant des informations, le témoin s'engage sur leur exactitude et suggère implicitement qu'elles sont pertinentes dans le contexte du procès. Il suggère aussi qu'il ne possède pas d'autres informations pertinentes. En recevant le témoignage – et quand bien même il est libre dans son appréciation de la pertinence des contenus rapportés – il est probable que le juge fasse des inférences, mêmes inconscientes, sur la pertinence que le témoin accorde à ces informations. Ces inférences peuvent elles-mêmes être sous-tendues par sa perception de la personnalité du témoin, ainsi que par la position que ce dernier semble occuper dans le procès, selon qu'il est plutôt à charge ou à décharge. Elles conduisent en outre le juge à attribuer certains états épistémiques au témoin, c'est-à-dire à faire des hypothèses sur ce que ce dernier sait, croit ou ignore de l'affaire et plus généralement du monde.

Considérons par exemple un témoin dont on a des raisons de penser qu'il veut montrer l'innocence de l'accusé (parce que c'en est un ami ou simplement parce qu'il déclare croire en son innocence et présente explicitement son témoignage comme en constituant une preuve) et qui assurerait l'avoir rencontré dans un cinéma du quartier à la séance de vingt heures. S'il relate cet événement, c'est qu'il le juge pertinent. En tant qu'ami du suspect (et donc en tant qu'il témoigne en sa faveur) on peut supposer qu'il ne rapporterait pas aussi spontanément un élément incriminant. Il y a donc tout lieu de penser qu'il considère la présence de l'accusé à cette heure et en ce lieu comme un élément disculpant (comme un alibi). On peut donc raisonnablement inférer qu'il croit que le meurtre a eu lieu dans la soirée (sauf à échafauder un ensemble d'hypothèses plus complexes sur l'affaire et ce que le témoin en sait ou en croit), que cela soit effectivement le cas ou non. Si ce n'est pas le cas, l'élément rapporté par le témoin peut se transformer, à son insu, en élément incriminant. Reste que, en rapportant cet événement comme un élément disculpant (du moins est-ce ce que l'on peut supposer), le témoin fournit des indices sur sa situation épistémique plus générale, laquelle fournit à son tour un cadre

d'interprétation pour la pertinence du reste de ses propos. Mais si le juge se trompe dans son interprétation de l'intention communicative du témoin et, corrélativement, fait erreur sur ce que ce dernier sait, croit ou ignore, ces erreurs peuvent le conduire à d'autres erreurs sur ce que le témoin sait ou croit et, ce faisant, indirectement, sur ce qui est ou non le cas. L'exemple le plus simple en est probablement l'interprétation du silence d'un témoin sur un événement qui semble pertinent au juge et dont il conclut qu'il ne s'est pas produit parce que, s'il s'était produit, le témoin ne pourrait l'ignorer – alors qu'en réalité l'événement s'est produit et le témoin en a connaissance mais n'en perçoit pas la pertinence. Si l'on combine une telle situation avec une interprétation erronée, par le juge, de la pertinence qu'un témoin attribue aux événements qu'il rapporte, on peut imaginer d'authentiques malentendus conduisant à des erreurs factuelles sur l'affaire elle-même (et pas seulement sur les intentions et croyances du témoin).

Malgré les possibilités de malentendu, ou plus généralement d'échec de la communication, que nous venons de mettre au jour, le cadre judiciaire est tel que la responsabilité de l'attribution de pertinence aux propos des témoins semble largement peser sur les juges. En effet, outre leur position de surplomb épistémique, les juges (ainsi que les avocats) ont la possibilité de poser toutes les questions de clarification qu'ils considèrent utiles. Inversement, il est attendu du témoin qu'il fournisse des réponses sans poser lui-même de questions. S'il demeure des ambiguïtés ou des zones d'ombre – à moins qu'elles soient volontairement maintenues par le témoin – il semble donc que les conséquences pour la communication doivent en être imputées aux professionnels de justice. Ces derniers sont mieux en mesure que les témoins d'évaluer la pertinence de leur propos ; ils leur sont en quelque sorte supérieurs épistémiquement car ils disposent d'informations auxquels les témoins n'ont pas accès – et ont en outre toute liberté de demander des clarifications supplémentaires.

La situation semble différente dans le cas du témoignage scientifique. Si le juge reste dans une situation de surplomb épistémique quant au détail de l'affaire – tant factuel que juridique –, et s'il reste maître des échanges, juge et expert ne sont pas des pairs épistémiques pour ce qui concerne le contenu même du témoignage. Non seulement le juge n'est pas en position d'accéder au contenu rapporté (comme c'est le cas avec le témoin profane qui par définition a été témoin de scènes auxquelles le juge n'a pas assisté et que le témoin vient lui rapporter) mais encore, comme l'a bien montré Hardwig (1985), il n'est pas en mesure d'évaluer les méthodes de validation et de justification des conclusions scientifiques qui lui sont rapportées. Quelles conséquences ce déséquilibre épistémique a-t-il en ce qui concerne la réception et l'utilisation des informations scientifiques ainsi transmises, et, du point de vue du scientifique, sur sa responsabilité en ce qui concerne le choix des informations qu'il communique au tribunal ?

2. Le témoignage scientifique au tribunal

Contrairement à ce qui est le cas pour le témoin profane, qui, en général, participe de l'« histoire du crime » en un sens très large – au sens où il a quelque chose à voir avec les événements (ne serait-ce, par exemple, que parce qu'il est le guichetier du cinéma

auquel l'accusé prétend s'être trouvé à l'heure du crime), l'expert n'est pas censé être impliqué dans l'affaire de quelque manière que ce soit. Bien au contraire, il est souhaitable qu'il y soit tout à fait extérieur, car le contraire pourrait mettre en péril sa neutralité. S'il est appelé à témoigner, c'est en raison de sa position épistémique privilégiée non pas vis-à-vis de l'affaire elle-même, mais des questions scientifiques ou techniques en jeu.

Cela a pour conséquence une autre différence avec le témoignage profane : la position épistémique privilégiée propre aux spécialistes d'une discipline scientifique s'accompagne d'une capacité à avoir conscience de la pertinence de leurs propos dont ne disposent pas nécessairement les juges. En effet, les scientifiques savent mieux que ces derniers ce que l'on peut légitimement tirer d'une information scientifique parce que leur travail consiste en grande partie à étudier la mesure et les conditions dans lesquelles différentes affirmations peuvent être justifiées. Si Hardwig (1985) a bien montré que la dépendance épistémique des profanes (ici les juges) vis-à-vis des scientifiques les contraint à faire confiance à ces derniers en ce qui concerne la justification (et donc l'exactitude) des contenus, l'analyse que nous proposons dans cet article de la pertinence épistémique montre que cette confiance s'étend dans une certaine mesure à la pertinence de ces contenus. En conséquence, on peut admettre que, contrairement à ce qui est le cas pour le témoignage profane, la tâche d'évaluation de la pertinence de ses propos incombe dans une large mesure à l'expert plutôt qu'au juge. C'est en tout cas le présupposé qui guide l'exposé qui suit, où nous adoptons la perspective du témoin scientifique en nous demandant comment il devrait procéder pour fournir des réponses pertinentes.

Une précision s'impose sur les situations de témoignage scientifique au tribunal auxquelles nous nous intéressons ici. Il est fréquent que des experts soient appelés à se prononcer sur des questions particulières, par exemple sur la correspondance entre deux traces d'ADN, la trajectoire d'une balle, la compatibilité entre certaines lésions et l'hypothèse d'une intoxication, etc. Ce genre d'expertises et leur utilisation soulèvent des problèmes assez spécifiques, qu'ils soient liés à une mauvaise évaluation de la fiabilité des techniques d'investigation en jeu (par exemple la graphologie) ou à la compréhension et au bon usage des probabilités et des statistiques. Dans ce qui suit, nous nous intéressons à des situations où des scientifiques sont appelés à se prononcer sur des hypothèses générales (et non particulières comme dans les exemples précédents), par exemple la toxicité d'une molécule, pour éclairer une décision de justice. Ces situations, très fréquentes notamment dans les procès de santé publique, présentent d'importantes similitudes avec certaines expertises destinées à éclairer les décisions publiques hors tribunal, qui elles aussi portent le plus souvent sur des hypothèses générales.

Après avoir proposé une première perspective sur ce qui relève respectivement de la crédibilité et de la pertinence dans un témoignage d'expert (2.1), nous mettrons en évidence, sur la base d'un exemple fictif et simple, un certain nombre d'exigences qui s'imposent au scientifique en ce qui concerne la délimitation de la pertinence de son propos pour le juge (2.2).

2.1 Crédibilité et pertinence du témoignage scientifique

Comme pour tout témoignage, la crédibilité d'un témoignage scientifique semble pouvoir se décomposer en deux dimensions, celle de la bonne foi et celle de la compétence. Ces deux dimensions relèvent en principe de l'organisation interne des institutions scientifiques, qui doivent garantir la sélection des bons scientifiques et la publication de bons travaux, et exercer un contrôle sur l'intégrité et la probité des uns et des autres.

Dans le cas d'un procès, où le contexte est par hypothèse conflictuel et où les parties en présence défendent des intérêts opposés qui ne coïncident pas toujours avec la recherche de la vérité, la dimension de la bonne foi prend une importance toute particulière : de toute évidence, la défense n'appellera pas à témoigner un scientifique dont les conclusions ne lui sont pas favorables. De là à conclure que le témoignage des scientifiques appelés par les parties n'a aucune crédibilité, il y a néanmoins un grand pas ; il s'agit ici pour les juges de mettre en balance les différents marqueurs de crédibilité des scientifiques, tâche pour laquelle ils ne sont pas forcément bien armés. Nous laisserons toutefois cette question de côté ; notre analyse de la pertinence nous ramènera, par un autre biais, aux questions de la crédibilité et de la confiance.

On pourrait penser, en première analyse, que les problèmes liés à des interprétations différentes de la pertinence d'une information par le témoin et par le juge, tels que nous les avons mis en évidence dans la section précédente, présentent moins de risque de se poser dans le cas du témoignage scientifique, où les questions semblent moins ouvertes : la réponse attendue d'un scientifique interrogé sur la toxicité d'une molécule semble pouvoir être mieux circonscrite que ne peut l'être, par exemple, celle du voisin de palier de la victime d'un meurtre appelé à témoigner sur tout ce qu'il a pu observer en relation (potentielle) avec l'affaire. Selon cette conception, la qualité principale à attendre d'une expertise scientifique pour aider la prise de décision réside dans la crédibilité *stricto sensu* des contenus transmis, c'est-à-dire dans leur exactitude. Une telle vision repose toutefois sur une conception largement idéalisée et naïve des réponses que peut apporter la science à un décideur.

Quand des décideurs font appel à des experts, leur but n'est pas d'acquérir des connaissances pour elles-mêmes, mais pour les mobiliser afin de prendre la meilleure décision. L'éclairage scientifique idéal consisterait en la présentation, sous une forme intelligible et adaptée à la décision, de la totalité des informations utiles pour la décision à prendre. Si un tel ensemble était disponible – si des réponses catégoriques aux questions posées par les décideurs existaient, alors peut-être le seul problème qui se poserait à ces derniers serait-il de s'assurer de la crédibilité des scientifiques qui les leur apporteraient (afin de s'assurer de l'exactitude de leurs réponses). Mais dans la plupart des cas, la réponse tranchée, certaine et catégorique attendue par le décideur n'est pas disponible. Les résultats scientifiques sont le plus souvent entachés d'incertitude, ils ne font pas toujours l'objet d'un consensus, et de nombreux éléments de réponse ne sont pas disponibles si bien qu'existent des poches d'ignorance résiduelle plus ou moins importantes. Il n'existe donc pas une et une seule façon de répondre, de manière à la fois exacte et exhaustive, à la question posée par le décideur. Tout comme le témoin profane, le témoin scientifique ne peut pas dire « toute la vérité » : il doit puiser dans l'état de l'art ce qui se rapproche le plus de la réponse qui conduirait le décideur à la meilleure décision, en sélectionnant les informations pertinentes et en passant sous silence celles qui ne le sont pas.

Comment l'expert doit-il faire pour sélectionner, dans la littérature existante, ce qui est pertinent pour la décision ? Sur quoi doit-il s'appuyer pour séparer, parmi tous les éléments de connaissance qu'il pourrait apporter au tribunal, ceux qui sont pertinents de ceux qui ne le sont pas ? Quelles règles doit-il suivre pour présenter les informations ainsi sélectionnées sous une forme qui les rendent utilisables par les décideurs ?

Comme nous allons le voir, les critères académiques d'une bonne réponse scientifique ne sont pas toujours adaptés aux attentes d'un décideur non spécialiste. Aussi, même si l'on suppose que le scientifique consulté est de bonne foi, neutre et compétent, les difficultés posées par la sélection des informations à transmettre et par leur présentation rendent l'exercice de l'expertise scientifique au tribunal particulièrement délicat.

2.2 Non-ingérence, exhaustivité et pertinence

Dans cette section, nous partons d'un exemple fictif très simplifié (2.2.1) afin de mettre en évidence certaines exigences qui s'imposent à l'expert quand il est appelé à fournir une expertise pour aider une décision. En particulier, nous montrerons que, contre une image simpliste de la tâche de l'expert, selon laquelle il doit se garder de se mêler des inférences extra-scientifiques que son interlocuteur tirera des informations qu'il lui fournit, il doit parfois s'exprimer explicitement sur la pertinence de son propos pour assister le juge dans son raisonnement (2.2.2). C'est ensuite l'idéal d'exhaustivité que nous remettons en question, en montrant que l'exigence de pertinence implique parfois de passer sous silence des informations – au sens où elles risqueraient d'induire le juge en erreur en le conduisant à faire des inférences illégitimes (2.2.3).

2.2.1 Un exemple fictif

Prenons l'exemple fictif d'un procès mettant en cause un laboratoire pharmaceutique pour avoir commercialisé une molécule supposément impliquée dans le décès de plusieurs patients. Supposons que l'une des questions centrales pour l'issue du procès est celle de l'existence d'un lien de causalité générique entre l'absorption de la molécule et un certain type d'atteinte cardiaque.

La défense fait témoigner des épidémiologistes qui concluent qu'au vu des données disponibles, ce lien causal n'est pas établi. L'accusation, qui défend la thèse de la toxicité cardiaque de la molécule, souligne le caractère faiblement probant de ces résultats, issus d'études rétrospectives de cohorte comportant un certain nombre de défauts méthodologiques. Cherchant à convaincre les juges de la toxicité de la molécule, elle fait appel à des spécialistes de toxicologie, qui affirment que des expériences de laboratoire ont permis d'établir de manière robuste des effets cardiaques graves chez les rats. Ce sont là les seuls résultats expérimentaux probants. La défense, à son tour, souligne que les différences métaboliques entre les rats et les humains interdisent la transposition des résultats expérimentaux à l'homme.

Qu'en est-il, en premier lieu, de la crédibilité des résultats scientifiques présentés ? La réponse à cette question dépend de leur fiabilité, c'est-à-dire de la qualité des expériences sur lesquelles les analyses ont été conduites, de la rigueur et de la précision de ces analyses, mais aussi de l'existence ou non d'autres études qui pourraient venir contrer ou nuancer ces résultats et qui auraient été laissées de côté. Notons qu'ici, contrairement aux situations typiquement évoquées par Goldman (2001), les experts ne se contredisent pas. Certes, leurs réponses « pointent » dans des directions différentes, puisque les études épidémiologiques concluent à l'absence de preuve de toxicité, quand les études sur les rats donnent des raisons de la soupçonner pour les humains, mais elles sont parfaitement compatibles. En outre, leur crédibilité en tant qu'experts n'est pas remise en cause ; les défauts méthodologiques des études épidémiologiques ne sont contestés par personne. Ils limitent cependant la pertinence de ces études relativement aux questions auxquelles le juge cherche à répondre. De même pour les études sur les rats : ce qui est contesté est leur pertinence pour la question de la toxicité sur l'homme. Il n'est donc pas question, en principe, de départager les différents experts afin de savoir auxquels il convient d'accorder sa confiance.

2.2.2 Le scientifique doit-il s'exprimer sur la pertinence des questions qui lui sont posées et sur celle des informations qu'il fournit ?

Supposons que le juge cherche avant toute chose à obtenir une confirmation impartiale des résultats sur les rats. Il fait alors appel à un autre spécialiste de toxicologie, à qui il pose la question suivante : « Que sait-on de la toxicité de la molécule sur les rats ? ».

Adoptons ici le point de vue de l'expert. Après avoir confirmé que l'on observe expérimentalement la survenue d'effets secondaires cardiaques graves chez les rats à qui l'on a administré une certaine dose de la molécule pendant une certaine durée, le spécialiste doit-il compléter sa réponse positive en disant que cette information n'est pas très pertinente pour le cas humain (ou préciser dans quelle mesure elle peut l'être) ? Serait-ce là outrepasser son rôle d'expert ?

Posons-nous la question inverse : un expert qui choisirait de s'en tenir aux termes exacts de la question qui lui est posée et de ne rien dire de la pertinence limitée des résultats sur les rats pour évaluer la toxicité sur les humains manquerait-il à sa mission ? Bien qu'il ne soit pas censé être informé du détail du dossier, l'expert intervenant dans le cadre de ce procès ne peut ignorer qu'un laboratoire est mis en cause pour avoir causé des décès humains. En ce sens, il sait bien que le cœur de la question concerne la toxicité sur l'homme. Et le juge sait qu'il le sait. Pour cette raison, s'il ne précise pas que la plus grande prudence est requise dans l'extrapolation des résultats sur les rats à des conclusions concernant la toxicité sur l'homme, il est à craindre que son silence soit interprété comme autorisant implicitement l'inférence vers la toxicité sur les humains.

Comparons cette situation à celle du colocataire de la victime d'un meurtre à qui on demande s'il a entendu la voix du suspect dans la pièce voisine ; supposons que ce témoin réponde par la positive, sans préciser que cette voix émanait du haut-parleur du téléphone portable de sa colocataire. Si on lui reprochait d'avoir ainsi induit le juge

à conclure de manière erronée que le suspect était physiquement dans la pièce voisine, il pourrait répondre que, quand cette question lui a été posée, il pensait que le juge savait que le suspect n'était pas présent dans la pièce et que la voix ne pouvait venir que d'un téléphone ; il pensait sincèrement que la question visait à savoir si la victime et le suspect s'étaient parlé au téléphone avec le haut-parleur en marche. Quoiqu'il en soit de la bonne foi d'une telle réponse, on peut considérer que le juge est dans une situation épistémique telle qu'il doit être en mesure d'envisager une telle éventualité ; il n'est pas plus mal placé que le témoin pour savoir que l'on peut entendre assez distinctement la voix de quelqu'un par le haut-parleur d'un téléphone et, étant en outre en situation de surplomb épistémique vis-à-vis du témoin, il aurait dû préciser sa question. En revanche, le juge est indiscutablement moins bien placé que le spécialiste de toxicologie pour évaluer la transposabilité aux humains de résultats expérimentaux sur les rats ; on peut même envisager qu'il ne se pose pas la question et considère que les résultats sur les rats sont probants pour la toxicité sur l'homme. En conséquence, si le juge n'interroge pas l'expert sur ce que l'on peut tirer pour notre connaissance de la toxicité de la molécule sur l'homme à partir des résultats sur les rats, il semble échoir à l'expert de clarifier ce point.

Cet exemple invite à conclure qu'il revient à l'expert de prendre en charge au moins certains aspects de la pertinence de ses affirmations pour le juge. Il lui revient de se mêler, pour ainsi dire, des inférences que le juge pourra faire à partir de ses affirmations, dans la mesure où la légitimité de ces inférences dépend du statut scientifique des affirmations de l'expert, c'est-à-dire non seulement de leur niveau de confirmation, mais aussi de leurs liens de justification avec d'autres affirmations.

En allant ainsi au-delà de la question *stricto sensu* qui lui est posée, et en pénétrant pour ainsi dire le domaine des inférences du juge, l'expert enfonce-t-il l'exigence de neutralité qui s'impose à lui ? Cette exigence trouve son origine dans un certain idéal démocratique de la décision éclairée : l'expert apporte des informations factuelles aussi exactes que possible pour que le décideur (individuel ou collectif) détermine sur cette base l'action qui lui permet d'atteindre les buts qu'il poursuit (Anderson 2011). Selon une certaine compréhension de cet idéal, la neutralité qui s'impose à l'expert impliquerait qu'il s'en tienne aux informations factuelles demandées et qu'il ne fournisse aucun conseil sur ce que son interlocuteur pourra en tirer.

Dans les cas qui nous intéressent, c'est parce que le juge risque de tirer des conclusions fautives de ses affirmations que l'expert doit le mettre en garde. « Conclusions fautives » signifie ici qu'elles n'obéissent pas aux règles du raisonnement scientifique, qui exigent d'appuyer strictement ses conclusions sur l'état des connaissances disponibles, un ensemble de propositions qui ne sont pas accessibles au juge. Ces conclusions fautives pourraient conduire le juge à des erreurs factuelles. Ainsi, c'est pour favoriser le « bien-être épistémique » du juge que l'expert doit se prononcer sur la pertinence de ses propos : il ne s'agit pas d'orienter son raisonnement vers une conclusion qui ne serait pas en accord avec les informations communiquées par l'expert, mais de l'aider à la tirer de lui-même, sans erreur due à une mauvaise compréhension. C'est cette entreprise de facilitation épistémique qui commande à l'expert d'accompagner ses réponses au juge d'une évaluation de leur pertinence, sans que sa neutralité soit mise en défaut par cela. Un scientifique qui s'en tiendrait à la réponse « sèche » aux questions posées ne fournirait pas une bonne expertise au sens où il ne contribuerait pas à placer le juge dans l'état

épistémique le plus favorable à une bonne prise de décision. Il en va de même, comme nous allons le voir maintenant, d'un scientifique qui fournirait des informations qui, quoiqu'exactes et répondant en un sens à la question posée, ne seraient pas pertinentes.

2.2.3 Le scientifique doit-il être exhaustif ?

Revenons à notre exemple et imaginons maintenant que le juge souhaite obtenir un avis impartial, de la part d'un spécialiste de toxicologie, sur la toxicité cardiaque de la molécule en cause pour les humains. Sans l'informer sur les expertises déjà reçues, il lui demande : « Que sait-on de la toxicité cardiaque de la molécule sur les humains ? » Le spécialiste doit-il mentionner les données existantes sur les rats ?

Si l'on adopte les critères académiques de ce qui constitue un bon « état de l'art », établi par un scientifique à destination de ses pairs (que ce soit dans un article de recherche, de synthèse, pour un appel à projet ou dans tout autre document endogène au monde académique), cela ne semble pas faire de doute. Une bonne réponse scientifique à une question scientifique est une réponse exhaustive au sens où elle prend en compte tout ce qui est publié, c'est-à-dire tout ce qui satisfait aux standards de la crédibilité scientifique, sur la question. Les données expérimentales relatives à la toxicité d'un produit sur les rats font partie des données pertinentes scientifiquement, au sens où elles font partie de ce qu'un scientifique enquêtant sur la toxicité de ce produit sur les hommes doit savoir. Bien que n'autorisant pas une conclusion concernant la toxicité sur l'homme, elles sont susceptibles d'éclairer et d'orienter l'enquête; c'est d'ailleurs en général dans le cadre d'une enquête sur les effets des molécules sur l'homme que l'on conduit des expérimentations animales, comme la loi y oblige. Mais du point de vue du juge, le critère qui lui permettra d'apprécier la réponse de l'expert n'est pas que ce dernier rende compte de l'état de l'art scientifique. L'important pour le juge, c'est ce qu'il pourra tirer de cette réponse pour l'enquête épistémique qu'il mène dans le cadre du procès ; aussi, le critère permettant d'évaluer la qualité d'une expertise à destination d'un juge est interne à cette enquête épistémique. Pour le juge, la réponse pertinente à la question « Que sait-on de la toxicité cardiaque de la molécule sur les humains ? » est avant tout celle qui peut l'aider dans ses raisonnements sur d'autres questions qu'il se pose, comme celle de la responsabilité du laboratoire. De ce point de vue, les résultats des études sur les rats ne sont pas pertinents. Les mentionner pourrait conduire le juge à leur attribuer une pertinence qu'elles n'ont pas et à conclure qu'ils indiquent que la molécule est toxique chez les humains, ce qui serait une conclusion fautive.

On peut donc conclure que l'exhaustivité telle qu'elle est attendue et constitue un critère de crédibilité au sein du monde scientifique n'est pas toujours bienvenue au tribunal. Non seulement la mention d'informations non pertinentes pour le juge (bien qu'exactes scientifiquement) peut contribuer à embrouiller et compliquer le message, mais encore elle peut l'induire en erreur. C'est donc ici aussi au regard du but de la communication comme devant favoriser le bien-être épistémique du juge que l'expert semble non seulement pouvoir, mais devoir faire une entorse à une exigence classique de la crédibilité scientifique – celle de l'exhaustivité.

Conclusion

Pour un décideur demandant à un scientifique de lui apporter son éclairage, l'important est ce qu'il peut tirer des réponses du scientifique pour les questions qu'il se pose dans le cadre de sa propre enquête – et non la place qu'occupent ces réponses dans la connaissance scientifique. En conséquence, une bonne expertise pour l'aide à la décision ne répond pas aux critères du bon rapport scientifique endogène au monde académique. Un rapport scientifique qui tout à la fois vise à produire une revue exhaustive de la littérature et n'indique pas explicitement à son lecteur la pertinence relative des différents éléments présentés a toutes les chances non seulement d'être difficile à comprendre et de faire perdre inutilement du temps à un lecteur non scientifique cherchant à s'y frayer un chemin, mais encore de l'induire en erreur en le mettant sur des fausses pistes et en l'encourageant à faire des inférences indues. *A contrario*, une bonne expertise, c'est un rapport qui tout à la fois sélectionne les informations scientifiques pertinentes pour le décideur (ignorant les autres) et les présente de manière à clarifier en quoi elles sont pertinentes, de sorte à mettre le décideur sur les bonnes routes inférentielles.

Ce constat éclaire d'un jour nouveau l'exigence qui s'impose à l'expert de rapporter le plus exactement possible ce que la science peut dire du sujet en question sans empiéter sur la prise de décision. Appliquée de manière trop rigide, une telle exigence peut déboucher sur un échec de la communication. Certes, l'expert ne doit pas orienter sa réponse dans le but d'encourager la décision que lui-même juge préférable ; mais pour mettre le décideur dans l'état épistémique le plus favorable à la prise de la décision la meilleure au regard de ses préférences (celles du décideur), l'expert doit parfois lui indiquer explicitement les inférences qu'il peut ou ne peut pas faire sur la base des affirmations tirées de la science. Pour les mêmes raisons, il doit parfois enfreindre l'exigence d'exhaustivité et passer sous silence certaines informations susceptibles d'induire le décideur en erreur par le simple fait qu'elles sont mentionnées par l'expert. En effet, comme dans tout témoignage, l'expert non seulement fournit des informations mais suggère, dans le même temps, qu'elles sont pertinentes : fournir des informations non pertinentes par souci d'exhaustivité mettrait en péril la communication.

Contrairement à ce qui est le cas pour le témoignage profane, nous avons vu que cette tâche de « mise en pertinence » de l'état de l'art semble bien devoir incomber principalement à l'expert en raison même de sa supériorité épistémique pour les questions en jeu : il est le seul à savoir quelles inférences sont autorisées par les réponses que la science peut apporter à la question posée. Toutefois, le travail de clarification des questions posées par les décideurs ne peut incomber aux scientifiques seuls et l'idée selon laquelle ces derniers porteraient l'entière responsabilité du succès de la communication avec les non scientifiques doit être largement nuancée. Pour fournir une bonne expertise selon les lignes définies ici, le scientifique doit prendre en compte ce qui motive la question et ce que le décideur entend faire de la réponse qui lui sera apportée. Or, les questions des décideurs non scientifiques sont souvent « mal posées » au regard des critères académiques et leur motivation n'est pas toujours univoque. Une même question peut jouer plusieurs rôles différents dans une enquête épistémique complexe et par ailleurs elle peut s'articuler à de nombreuses autres questions, relevant de différentes disciplines scientifiques (et

parfois non scientifiques). Cela est particulièrement flagrant dans des contextes de crise comme celle de la pandémie de Covid-19, où à l'urgence, à la gravité de l'enjeu et à l'ignorance s'ajoute la difficulté posée par la nécessité de combiner les contributions de disciplines différentes — d'évaluer la pertinence relative de chacune de ces contributions. Le risque est grand, pour un scientifique qui n'a une vue globale et détaillée ni du problème affronté par les décideurs, ni de leurs hypothèses implicites, valeurs et connaissances d'arrière-plan, d'apporter une réponse en décalage avec la réponse attendue. Pour minimiser un tel risque et favoriser une communication féconde entre scientifiques et décideurs dans un contexte d'enquête épistémique complexe, le travail de clarification des questions posées devrait bien plutôt faire l'objet d'un dialogue ouvert destiné à expliciter les hypothèses implicites de chacun et la pertinence relative, du point de vue des scientifiques et de celui des décideurs, des différentes questions en jeu.

Bibliographie

- Anderson, Elizabeth. 2011. « Democracy, Public Policy, and Lay Assessments of Scientific Testimony ». *Episteme* 8 (2): 144-64. <https://doi.org/10.3366/epi.2011.0013>.
- Audi, Robert. 1997. « The Place of Testimony in the Fabric of Knowledge and Justification ». *American Philosophical Quarterly* 34 (4): 405-22.
- Betz, Gregor. 2013. « In defence of the value free ideal ». *European Journal for Philosophy of Science* 3 (mai). <https://doi.org/10.1007/s13194-012-0062-x>.
- Blais, Michel J. 1987. « Epistemic Tit for Tat ». *The Journal of Philosophy* 84 (7): 363. <https://doi.org/10.2307/2026823>.
- Bouchard, Frédéric. 2016. « The Roles of Institutional Trust and Distrust in Grounding Rational Deference to Scientific Expertise ». *Perspectives on Science* 24 (5): 582-608. https://doi.org/10.1162/POSC_a_00224.
- Bovens, Luc, et Stephan Hartmann. 2003. *Bayesian epistemology*. Oxford : Oxford ; New York: Clarendon ; Oxford University Press.
- Burge, T. 1993. « Content preservation ». *The Philosophical Review* 102 (4): 457-88.
- Coady, C. A. J. 1995. *Testimony: A Philosophical Study*. Oxford University Press, USA.
- Collins, Harry, et Robert Evans. 2009. *Rethinking Expertise*. Paperback edition. Chicago London: University of Chicago Press.
- Cook, R., I.W. Evett, G. Jackson, P.J. Jones, et J.A. Lambert. 1998. « A Model for Case Assessment and Interpretation ». *Science & Justice* 38 (3): 151-56. [https://doi.org/10.1016/S1355-0306\(98\)72099-4](https://doi.org/10.1016/S1355-0306(98)72099-4).
- Douglas, Heather. 2000. « Inductive Risk and Values in Science ». *Philosophy of Science* 67 (4): 559-79. <https://doi.org/10.1086/392855>.
- Dretske, F. I. 1981. *Knowledge and the Flow of Information*. Blackwell.
- Fenton, Norman, Daniel Berger, David Lagnado, Martin Neil, et Anne Hsu. 2014. « When 'Neutral' Evidence Still Has Probative Value (with Implications from the Barry George Case) ». *Science & Justice* 54 (4): 274-87. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2013.07.002>.

- Fricker, Elizabeth. 1995. « Critical notice: Telling and trusting: Reductionism and anti-reductionism in the epistemology of testimony ». *Mind* 104 (414): 393-411.
- Goldman, Alvin I. 2001. « Experts: Which Ones Should You Trust? » *Philosophy and Phenomenological Research* 63 (1): 85-110. <https://doi.org/10.2307/3071090>.
- Grice, Herbert Paul. 1995. *Studies in the Way of Words*. 4. print. Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Pr.
- Hahn, Ulrike, Adam J.L. Harris, et Adam Corner. 2009. « Argument Content and Argument Source: An Exploration ». *Informal Logic* 29 (4): 337. <https://doi.org/10.22329/il.v29i4.2903>.
- Hardwig, John. 1985. « Epistemic Dependence ». *The Journal of Philosophy* 82 (7): 335-49.
- . 1991. « The Role of Trust in Knowledge ». *The Journal of Philosophy* 88 (12): 693-708. <https://doi.org/10.2307/2027007>.
- Hempel, Carl G. 1960. « Science and Human Values ». In *Social Control in a Free Society*, édité par Robert E. Spiller, 39-64. University of Pennsylvania Press. <https://doi.org/10.9783/9781512807424-003>.
- Jeffrey, Richard C. 1996. *The Logic of Decision*. 2. ed. Chichago: Univ. of Chicago Press.
- John, Stephen. 2015a. « Inductive risk and the contexts of communication ». *Synthese* 192 (1): 79-96. <https://doi.org/10.1007/s11229-014-0554-7>.
- . 2015b. « The example of the IPCC does not vindicate the Value Free Ideal: a reply to Gregor Betz ». *European Journal for Philosophy of Science* 5 (1): 1-13. <https://doi.org/10.1007/s13194-014-0095-4>.
- . 2018. « Epistemic trust and the ethics of science communication: against transparency, openness, sincerity and honesty ». *Social Epistemology* 32 (2): 75-87. <https://doi.org/10.1080/02691728.2017.1410864>.
- Kitcher, Philip. 2001. *Science, Truth, and Democracy*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0195145836.001.0001>.
- . 2011. *Science in a democratic society*. Amherst, N.Y: Prometheus Books.
- Lagnado, David A., et Tobias Gerstenberg. 2017. « Causation in Legal and Moral Reasoning ». In *The Oxford handbook of causal reasoning*, édité par Michael Waldmann, 565-601. Oxford library of psychology. New York, NY: Oxford University Press.
- Lagnado, David A., et Nigel Harvey. 2008. « The Impact of Discredited Evidence ». *Psychonomic Bulletin & Review* 15 (6): 1166-73. <https://doi.org/10.3758/PBR.15.6.1166>.
- Longino, Helen E. 1996. « Cognitive and Non-Cognitive Values in Science: Rethinking the Dichotomy ». In *Feminism, Science, and the Philosophy of Science*, édité par Lynn Hankinson Nelson et Jack Nelson, 39-58. Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1742-2_3.
- Parker, Wendy. 2014. « Values and Uncertainties in Climate Prediction, Revisited ». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 46 (juin): 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2013.11.003>.
- Roberts, Paul. 2022. *Roberts & Zuckerman's criminal evidence*. Third edition. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press.
- Rudner, Richard. 1953. « The Scientist Qua Scientist Makes Value Judgments ». *Philosophy of Science* 20 (1): 1-6.
- Drouet, Isabelle. 2012. *Causes, probabilités, inférences*. Philosophie des sciences. Paris: Vuibert.
- Sackett, D. L, W. M C Rosenberg, J A M. Gray, R B. Haynes, et W S. Richardson. 1996. « Evidence Based Medicine: What It Is and What It Isn't ». *BMJ* 312 (7023): 71-72. <https://doi.org/10.1136/bmj.312.7023.71>.
- Saul, Jennifer Mather. 2012. *Lying, Misleading, and What is Said: An Exploration in Philosophy of Language and in Ethics*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199603688.001.0001>.

- Schneeps, Leila. 2018. « Statistiques, probabilités et justice ». *Cahiers philosophiques* N°155 (4): 21. <https://doi.org/10.3917/caph1.155.0021>.
- Schum, David A. 2001. *The Evidential Foundations of Probabilistic Reasoning*. Evanston, Ill.: Northwestern University Press.
- Solan, Lawrence, et Peter Meijes Tiersma. 2005. *Speaking of crime: the language of criminal justice*. The Chicago series in law and society. Chicago: University of Chicago Press.
- Sperber, Dan, et Deirdre Wilson. 2001. *Relevance: communication and cognition*. 2nd ed. Oxford ; Cambridge, MA: Blackwell Publishers.
- Steele, Katie. 2012. « The Scientist qua Policy Advisor Makes Value Judgments ». *Philosophy of Science* 79 (5): 893-904. <https://doi.org/10.1086/667842>.
- Stegenga, Jacob. 2018. *Medical nihilism*. First edition. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press.
- Thayer, James Bradley. 1969. *A preliminary treatise on evidence at the common law*. South Hackensack, N.J: Rothman Reprints.
- Wilholt, Torsten. 2009. « Bias and values in scientific research ». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 40 (1): 92-101. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2008.12.005>.
- Winsberg, Eric. 2018. « Communicating Uncertainty to Policymakers: The Ineliminable Role of Values ». In *Climate Modelling*, édité par Elisabeth A. Lloyd et Eric Winsberg, 381-412. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65058-6_13.