

Estimation forensique de l'âge des jeunes migrants

Une note sur la scientificité des méthodes employées en Suisse

Les auteurs discutent de la scientificité des méthodes appliquées pour estimer l'âge des jeunes migrants, en mettant l'accent sur la nature fondamentalement forensique de la discipline. Une attention particulière est portée à la gestion et à l'interprétation de l'incertitude inhérente à ce type d'évaluation. Les auteurs proposent une méthodologie dite « bayésienne » pour gérer l'incertitude, tant du point de vue de l'expert que de celui de l'autorité de décision.

Catégories d'articles : Contributions

Domaines juridiques : Droit des étrangers et d'asile

Proposition de citation : Emanuele Sironi / Joëlle Vuille / Franco Taroni, Une note sur la scientificité des méthodes employées en Suisse , in : Jusletter 8 octobre 2018

Table des matières

1. Introduction
2. L'estimation de l'âge des requérants d'asile en Suisse
 - 2.1. Contexte
 - 2.2. Méthodologies employées pour l'estimation de l'âge dans le domaine de l'asile
 - 2.3. L'expertise médicale pour l'estimation de l'âge des migrants en droit suisse
3. L'estimation de l'âge dans un contexte forensique
 - 3.1. L'inférence sur l'âge
 - 3.2. Le processus d'estimation de l'âge dans un contexte forensique
4. Probabilités et approche bayésienne pour l'inférence scientifique
5. L'approche bayésienne pour l'estimation forensique de l'âge
 - 5.1. Le modèle bayésien
 - a. La probabilité a posteriori $[\text{Pr}(A|E)]$
 - b. La probabilité a priori $[\text{P}(A)]$
 - c. La fonction de vraisemblance $[\text{Pr}(E|A)]$
 - 5.2. Exemple d'application
 - 5.3. Discussion critique
6. Un cadre normatif pour la décision : la théorie bayésienne de la décision
 - 6.1. Les principes théoriques
 - 6.2. Exemple d'application
7. De la pratique de l'estimation forensique de l'âge : perspectives critiques.
 - 7.1. Les méthodes d'estimation actuellement utilisées
 - 7.2. Les données de référence à utiliser
 - 7.3. Les examens à effectuer
8. Discussion
9. Conclusion

1. Introduction

[Rz 1] La Société suisse de pédiatrie (ci-après : SSP) a récemment publié dans le Bulletin des médecins suisses¹ et la revue spécialisée Paediatrica² une prise de position sur la procédure de détermination de l'âge³ des jeunes requérants d'asile. Elle y invitait ses membres et tout médecin à refuser de participer à des expertises de cette sorte, sous prétexte, notamment, qu'il n'existerait pas actuellement de méthodes dont la scientificité serait suffisante pour permettre de rendre des conclusions fiables⁴. Dans le même sens, les Sociétés suisses de radiologie pédiatrique (ci-après : SSRP) et d'endocrinologie et diabétologie pédiatriques (ci-après : SSED) ont publié un communiqué dans lequel elles recommandaient de ne pas recourir aux examens osseux chez les migrants

¹ NICOLE PELLAUD/SARAH DEPALLENS ET FABIENNE JÄGER, Détermination de l'Âge des jeunes migrants, Bulletin des Médecins Suisses 98/2017, p. 680 ss.

² SARAH DEPALLENS/FABIENNE JÄGER ET NICOLE PELLAUD, Détermination de l'Âge des jeunes migrants. Position de la société suisse de pédiatrie, Paediatrica 28/2017, p. 3 ss.

³ Nous rejoignons l'avis du European Asylum Support Office (ci-après : EASO), selon lequel l'expression « détermination de l'âge » est malheureuse, car elle peut faire naître des attentes irréalistes auprès des autorités mandatant les experts. Nous préférons l'expression « estimation de l'âge » et utiliserons cette dernière dans la présente contribution. Cf. EASO, Practical guide on age assessment, 2^{ème} éd. 2018, disponible à l'adresse : <https://www.easo.europa.eu/sites/default/files/easo-practical-guide-on-age-assesment-v3-2018.pdf>, consulté le : 10 juillet 2018, p. 34.

⁴ D'autres critiques formulées contre les méthodes actuelles d'estimation de l'âge sont évoquées dans la section 7.

pour déterminer leur âge⁵. Au niveau international, plusieurs organisations se sont également exprimées sur le sujet⁶.

[Rz 2] Ces différentes prises de positions reflètent l'intérêt soulevé par la problématique de l'estimation forensique de l'âge des requérants d'asile depuis quelques années en Suisse⁷. En effet, tout comme dans le reste de l'Europe⁸, le flux des requérants mineurs non accompagnés était en augmentation jusqu'en 2016⁹, et un durcissement de la législation en matière d'asile pourrait pousser certains requérants d'asile majeurs à se présenter comme étant plus jeunes que ce qu'ils sont réellement¹⁰. Mais au-delà du mensonge, le fait de ne pas donner son âge véritable ne découle pas toujours d'une volonté de tromperie de la part du requérant; dans certains pays, en effet, la date de naissance d'une personne n'est pas systématiquement enregistrée ou ne peut pas l'être durant certaines périodes de crise, et la personne elle-même ne sait donc pas toujours quand elle est née exactement¹¹. Il existe donc un intérêt majeur à développer des méthodes permettant

⁵ GEORG FRIEDRICH EICH ET VALÉRIE SCHWITZGEBEL, L'âge osseux ne permet pas de déterminer l'âge des jeunes requérants d'asile. Position des sociétés suisses de radiologie pédiatrique (SSRP) ainsi que d'endocrinologie et diabétologie pédiatriques (SSEDP) sur le thème de la détermination de l'âge osseux chez les migrants, *Paediatrica* 27/2016, p. 29 ss.

⁶ Cf. par exemple ISSOP MIGRATION WORKING GROUP - MIGRANT CHILD HEALTH, ISSOP position statement n°8, International Society for Social Pediatrics and Child Health (ISSOP), 2017, disponible à l'adresse : <http://www.issop.org/>, consulté le : 17 juin 2017; PIETER SAUER, JJ/ALF NICHOLSON ET DAVID NEUBAUER, Age determination in asylum seekers : Physicians should not be implicated, *European Journal of Pediatrics* 175/2016, p. 299 ss.; VIVIEN FELTZ, Age assessment for unaccompanied minors. When European countries deny children their childhood 2015, disponible à l'adresse : <https://mdmeuroblog.files.wordpress.com/2014/01/age-determination-def.pdf>, consulté le : 24 mars 2017; TERRY SMITH ET LAURA BROWNLEES, Age assessment practices : A literature review & annotated bibliography, UNICEF, 2011, disponible à l'adresse : http://www.unicef.org/protection/Age_Assessment_Practices_2010.pdf, consulté le : 16 mars 2017.

⁷ Pour citer CRISPINO, « [l]e qualificatif forensique, du latin forum (la place publique), est accepté dans diverses langues francophones (suisse romand, belge, canadien). Il s'applique aux sciences, pour décrire l'étude et la pratique de l'application de la science à des fins légales (définition de l'American Academy of Forensic Sciences en 1963). Les sciences forensiques regroupent donc la criminalistique, la criminologie (étude scientifique et sociale du crime et du criminel), la médecine et psychiatrie légales, l'anthropologie, ou encore toute autre discipline participant au procès pénal à un moment donné. FRANK CRISPINO, Le principe de locard est-il scientifique ? Ou analyse de la scientificité des principes fondamentaux de la criminalistique, Institut de Police Scientifique University of Lausanne : Lausanne 2006, p. 1. L'estimation de l'âge des migrants est une discipline fondamentalement forensique, car elle recourt à des méthodes scientifiques pour produire du renseignement d'intérêt juridique. Cette discipline, nommée « estimation forensique de l'âge », se différencie des pratiques médicales, où l'intérêt est plutôt diagnostique ou prédictif.

⁸ Selon les données de Eurostat, les demandes d'asile présentées par des requérants mineurs non accompagnés en Europe ont fortement augmenté entre 2013 et 2015, passant d'environ 10'000 demandes durant la période 2008 - 2013, à 96'500 en 2015. En 2016, ce chiffre était de 63'300. En 2017, le phénomène a connu une forte baisse, avec 31'395 demandes (<http://ec.europa.eu/eurostat/web/asylum-and-managed-migration>, consulté le 11 juillet 2018).

⁹ Les statistiques publiées par l'Office fédéral des statistiques montrent que la proportion de demandes d'asile présentées par des requérants mineurs non accompagnés a augmenté considérablement entre 2014 et 2016, passant de 3.34% en 2014 (795 demandes sur un total de 23'765), à 6.92% en 2015 (2'736 sur 39'523), et à 7.3% en 2016 (1'997 sur 27'207). En 2017, le chiffre était de 4.05% (733 sur un total de 18'088. Voir sur ce sujet : https://www.sem.admin.ch/dam/data/sem/publiservice/statistik/asylstatistik/statistiken_uma/uma-2017-f.pdf (consulté le 11 juillet 2018).

¹⁰ MATHIEU CORBAZ, La détermination de l'âge du requérant d'asile, in : Minh Son Nguyen and Semsija Etemi (éds.), *Actualité du droit des étrangers. Jurisprudence et analyses*. Stämpfli Editions et Faculté de Droit de l'Université de Neuchâtel : Berne 2015, p. 31 ss., p. 31

¹¹ A titre d'exemple, SMITH et al., 2011, p. 1, note 6, rapportent que, dans les pays dits développés, environ la moitié des enfants âgés de moins de cinq ans ne sont pas enregistrés dans les registres d'état civil, alors que ce pourcentage est bien plus élevé dans les régions sub-sahariennes (64% des naissances non-enregistrées) ou en Asie du Sud (65%). Cf. aussi PHILIP BEH ET JASON PAYNE-JAMES, Clinical and legal requirements for age determination in the living, in : Sue Black, Anil Aggrawal and Jason Payne-James (éds.), *Age estimation in the living : The practitioner's guide*. John Wiley & Sons : Hoboken 2010, p. 30 ss.

de confirmer (ou d'infirmer) les allégations d'une personne quant à son âge, ou, cas échéant, de pouvoir évaluer l'âge d'une personne qui ne serait pas en mesure de le donner.

[Rz 3] L'objectif du présent article est d'offrir une perspective critique sur les méthodes médicales employées pour l'estimation de l'âge du point de vue forensique. Après avoir offert un aperçu des pratiques actuelles, nous expliciterons la nature fondamentalement forensique de l'estimation de l'âge. En particulier, nous soulignerons l'incertitude inhérente à toute estimation, la certitude étant toujours illusoire dans ce contexte. Des solutions pour la gestion cohérente de cette incertitude dans un cadre scientifico-juridique seront ensuite présentées, ainsi qu'un aperçu de l'approche normative de la décision, en particulier pour les cas où la majorité ou minorité d'une personne est remise en question.

2. L'estimation de l'âge des requérants d'asile en Suisse

[Rz 4] L'objectif de cette section est de contextualiser les pratiques scientifiques liées à l'estimation de l'âge des requérants d'asile en Suisse. Il s'agira de présenter succinctement la législation en vigueur¹², après avoir illustré les spécificités d'une expertise pour l'estimation de l'âge et avoir offert un aperçu des méthodologies appliquées au niveau helvétique¹³.

2.1. Contexte

[Rz 5] Une expertise quant à l'âge d'un requérant d'asile porte généralement sur l'estimation de l'âge chronologique de la personne examinée. L'âge chronologique mesure en années, mois et jours la durée de vie d'une personne à partir du moment de sa naissance¹⁴. L'âge chronologique doit être distingué de l'âge biologique, qui renvoie à une étape du processus évolutif du corps humain pour un individu donné, soit état de développement de la personne¹⁵. Les âges chronologique et biologique sont deux notions distinctes bien que strictement liées : pour un même caractère physique, deux personnes du même âge chronologique, du même sexe, de la même origine ethnique et ayant grandi dans le même environnement, peuvent avoir deux âges biologiques différents. Néanmoins, l'âge chronologique est l'information pertinente du point de vue légal ; c'est à ce concept que renvoient les textes légaux lorsqu'ils évoquent la notion d'âge. Dans le contexte de l'asile, le seuil pertinent est celui des 18 ans : l'autorité mandatant l'expert demandera à ce dernier d'estimer l'âge chronologique de la personne, ou, plus souvent, d'examiner la possibilité que la personne soit âgée de plus ou de moins de 18 ans.

¹² Pour une étude complète, cf. JOËL OLIVIER MÜLLER, « Nichts Genaues » weiss man nicht : Altersbestimmung im schweizerischen Asylverfahren, Jusletter 20 mars 2017, note 11 et CORBAZ, 2015, note 9.

¹³ Cet aperçu a été rédigé sur la base des articles de MÜLLER, 2017, note 12 et CORBAZ, 2015, note 10, et des deux publications de l'EASO, EASO, 2018, note 3 et EASO, Rapport de l'EASO sur la détermination de l'Âge en Europe 2013, disponible à l'adresse : <https://www.easo.europa.eu/>, consulté le : 15 mars 2017.

¹⁴ Cf. EASO, 2018, p. 65, note 3 et ARIANE KEMKES-GROTTENTHALER, Aging through the ages : Historical perspectives on age indicator methods, in : Robert D Hoppa and James V Vaupel (éds.), Paleodemography. Age distributions from skeletal samples. Cambridge University Press : Cambridge 2002, p. 48 ss., p. 48–49.

¹⁵ Cf. EASO, 2018, p. 65, note 3 et KEMKES-GROTTENTHALER, 2002, p. 48–49, note 14.

2.2. Méthodologies employées pour l'estimation de l'âge dans le domaine de l'asile

[Rz 6] Différentes méthodes scientifiques sont couramment employées pour l'estimation de l'âge des requérants d'asile en Suisse¹⁶. La plus courante (et aussi la plus ancienne) se base sur l'analyse de l'état de développement du squelette du poignet et de la main gauche¹⁷. L'examen est généralement effectué par radiographie traditionnelle (rayons X), ce qui permet d'observer la globalité des os du membre en question et, surtout, l'état de développement des nombreux centres d'ossification¹⁸. L'état de développement de cet attribut physique est généralement établi par référence à l'atlas *The Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist*, publié par Greulich et Pyle en 1959 (ci-après : atlas G&P)¹⁹. L'atlas G&P est composé de 29 standards radiographiques féminins (de la naissance à 18 ans) et de 31 standards masculins (de la naissance à 19 ans), ainsi que d'une description des différents états caractéristiques des centres d'ossification retenus pour la définition des clichés. Ces standards, développés sur la base d'observations faites sur un échantillon de 6'879 enfants et jeunes adultes de la classe moyenne-supérieure nord-américaine dans les années 1930, représentent des clichés des différentes étapes du processus de développement des centres d'ossification. L'image radiographique de la main de la personne expertisée est comparée par l'expert aux différents standards, et le cliché qui présente la plus grande similarité avec la radiographie de l'expertisé est présumé représenter l'état de développement du système squelettique local de la personne. Chaque standard est associé à des statistiques pour la population de référence, notamment l'âge moyen et la déviation standard des âges des individus pour lesquels le moment développemental représenté par le standard a été observé. L'utilisation de l'atlas G&P pour l'estimation de l'âge des requérants d'asile a été fortement critiquée, surtout en raison du manque de pertinence des données de référence par rapport aux populations auxquelles ces standards sont comparés aujourd'hui.

[Rz 7] La deuxième méthode, dite « des trois piliers », est recommandée par le *Study Group on Forensic Age Diagnostics* (ci-après : AGFAD)²⁰ et la *Forensic Anthropology Society of Europe* (ci-

¹⁶ Le lecteur intéressé par la situation dans les autres pays européens est invité à consulter la publication du EASO, 2018, p. 105–107, note 3.

¹⁷ Généralement l'examen est effectué sur le membre gauche, car il y a une large prépondérance de droitiers dans la population, et les mains et poignets gauches sont donc moins exposés à de potentiels traumatismes pouvant affecter le développement, cf. ANDREAS SCHMELING et al., Practical imaging techniques for age evaluation, in : Sue Black, Anil Aggrawal and Jason Payne-James (éds.), Age estimation in the living : The practitioner's guide. John Wiley & Sons : Hoboken 2010, p. 130 ss., p.133. Pour les gauchers, il faudrait donc examiner le membre droit, cf. EUGÉNIA CUNHA et al., The problem of aging human remains and living individuals : A review, *Forensic Science International* 193/2009, p. 1 ss., p. 8. Toutefois, aucune différence significative n'a été observée entre la chronologie du développement de la main gauche et de la main droite, cf. SCHMELING et al., 2010, p. 134, cette même note. Ainsi, il serait en principe égal d'examiner la main droite ou la main gauche chez un sujet donné.

¹⁸ Les centres d'ossification sont, pour chaque os du squelette, les sites où l'ostéogenèse du tissu squelettique commence, cf. J L SCHEUER ET SUE BLACK, *Developmental juvenile osteology*, Academic Press : London, 2000, p. 18. La région de la main possède de nombreux centres d'ossification permettant de récolter un nombre important d'informations utiles pour l'estimation de l'âge. De plus, ces caractéristiques physiques peuvent être facilement radiographiées avec une faible exposition aux radiations, cf. FRANCESCO INTRONA ET CARLO PIETRO CAMPOBASSO, Biological vs legal age in living individuals, in : Aurore Schmidt, Eugénia Cunha and João Pinheiro (éds.), *Forensic anthropology and medicine. Complementary sciences from recovery to cause of death*. Humana Press : Totowa, New Jersey 2006, p. 57 ss., p. 66. Par rapport à l'état développemental observé, cette région du squelette peut être considérée comme représentative de l'intégralité du système squelettique, cf. SCHMELING et al., 2010, p. 133, note 17.

¹⁹ Cf. WILLIAM WALTER GREULICH ET S IDELL PYLE, *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*, Stanford University Press : Stanford, 1959.

²⁰ L'AGFAD a publié ses propres recommandations quant à la méthodologie à appliquer pour l'estimation de l'âge des personnes vivantes dans le contexte forensique, cf. ANDREAS SCHMELING et al., *Criteria for age estimation*

après : FASE)²¹, deux associations européennes très influentes dans le domaine. Cette méthode prévoit l'examen de plusieurs attributs physiques, notamment²² :

[Rz 8]

- un examen physique comprenant la détermination de mesures anthropométriques (taille, poids, type de constitution physique, notamment), l'examen des caractères sexuels secondaires²³, et la présence éventuelle d'indices suggérant des désordres développementaux. A noter que cet examen n'est pas prévu pour estimer l'âge chronologique, mais plutôt pour mettre en évidence des possibles troubles du développement qui peuvent affecter le développement squelettique ou dentaire ;
- l'examen par radiographie de la main gauche (ou droite pour les gauchers) ;
- l'examen du système dentaire, avec évaluation globale de la dentition via l'examen de la cavité buccale et l'examen radiographique avec production d'orthopantomogrammes²⁴ ;
- si le développement du squelette de la main est terminé, un examen de la clavicule, par radiographie conventionnelle et/ou par tomodensitométrie, peut être envisagé²⁵.

[Rz 9] L'appréciation du niveau développemental des différents attributs physiques et l'estimation de l'âge qui en découle sont généralement effectuées par le biais de méthodes spécifiques²⁶. Ainsi, lors de l'examen du poignet et de la main, l'atlas G&P peut être employé, de même que d'autres atlas du même type²⁷, ou d'autres méthodes d'évaluation de l'état développemental de la personne²⁸. L'évaluation des orthopantomogrammes peut être faite en appliquant de nombreuses

in living individuals, *International Journal of Legal Medicine* 122/2008, p. 457 ss.. Une version constamment mise à jour est également disponible sur le site web du groupe : <https://campus.uni-muenster.de/agfad/die-arbeitsgemeinschaft/aktuelles/> (consulté le 11 juillet 2018).

²¹ CUNHA et al., 2009, note 17.

²² Les recommandations de l'AGFAD portent sur les méthodes scientifiques (médicales) à appliquer, mais contiennent également des exigences quant à la structure et au contenu d'une base de données de référence adéquate. Elles comportent également des lignes directrices pour la rédaction du rapport d'expertise, ainsi que des recommandations sur la façon de mener les examens dans le respect de la dignité et des droits de la personne examinée.

²³ Les caractères sexuels secondaires sont les traits qui caractérisent les individus d'un certain sexe dans une espèce donnée, mais qui ne sont pas directement impliqués dans le système reproducteur. En ce qui concerne l'être humain, il s'agit par exemple de la pilosité, du développement des seins et des lèvres vaginales chez la femme, et du développement du scrotum et du pénis chez l'homme. Y sont également inclus l'âge des premières menstruations chez les filles, et des premières érections et éjaculations ainsi que de la mue de la voix chez les jeunes hommes.

²⁴ L'orthopantomogramme consiste en une radiographie panoramique de toute la dentition.

²⁵ Un tel examen implique l'exposition de la personne à une dose relativement élevée de radiations ionisantes, en comparaison avec un examen radiographique traditionnel, et doit donc en principe être évité si la personne est mineure. En effet, si le développement du squelette de la main est terminé, il est très probable que la personne est âgée de plus de 18 ans ; pour certains, la radiographie de la clavicule est donc éthiquement plus acceptable dans ce cas. Sur ce point, cf. FRANK RAMSTHALER et al., How reliable are the risk estimates for x-ray examinations in forensic age estimations? A safety update, *International Journal of Legal Medicine* 123/2009, p. 199 ss., p. 201–202. A noter que l'examen de l'état d'ossification de l'épiphyse médiale de la clavicule peut revêtir une grande importance pour évaluer si la personne examinée est âgée de plus de 18 ans, cf. SCHMELING et al., 2010, p 142, note 17.

²⁶ Pour une revue des différentes méthodes à utiliser pour l'estimation de l'âge, voir notamment FRANÇOIS GABIOUD, Des méthodes d'évaluation de l'Âge d'un être humain, Institut Universitaire de Médecine Légale Université de Genève : Genève 2009 ; SUE BLACK/ANIL AGRAWAL ET JASON PAYNE-JAMES, Age estimation in the living : The practitioner's guide, John Wiley & Sons : Hoboken, 2010.

²⁷ Dans les pays germanophones, il est courant d'utiliser l'atlas de HANS-HEINRICH THIEMANN/INNA NITZ ET ANDREAS SCHMELING, Röntgenatlas der normalen hand im kindesalter, Thieme : Stuttgart, 2006.

²⁸ En plus des ouvrages cités à la note 26, une revue des différentes méthodes d'évaluation de l'état de développement de la région squelettique de la main et du poignet peut être trouvée dans les publications suivantes : SCHMIDT et al., Skeletal age determination of the hand : A comparison of methods, *International Journal of Legal Medicine* 127/2013, p. 691 ss. et INTRONA et al., 2006, p. 66–70, note 18.

méthodes différentes²⁹, notamment la méthode de DEMIRJIAN³⁰ ou ses dérivés (comme la méthode de MINCER³¹), alors que les états de maturation de la clavicule peuvent être appréciés par le biais des méthodes de SCHMELING³² et de KELLINGHAUS³³. Des méthodes visant à résumer les résultats de cette évaluation multifactorielle ont également été discutées dans la littérature forensique, bien que leur validité puisse être remise en question³⁴.

2.3. L'expertise médicale pour l'estimation de l'âge des migrants en droit suisse

[Rz 10] Au niveau suisse, l'estimation de l'âge des migrants est réglée par les articles 17 al. 3bis et 26 al. 2 de la Loi sur l'asile (LAsi)³⁵. En particulier le premier article définit que « [s]i des indices laissent supposer qu'un requérant prétendument mineur a atteint l'âge de la majorité, le Secrétariat d'Etat aux migrations (SEM) peut ordonner une expertise visant à déterminer son âge [...] ». L'article 25 al. 2 dispose que « [d]urant la phase préparatoire, le SEM recueille les données personnelles du requérant ; en règle générale, il relève ses empreintes digitales et le photographie. Il peut aussi saisir d'autres données biométriques le concernant, établir une expertise visant à déterminer son âge (art. 17, al. 3bis), vérifier les moyens de preuve, les documents de voyage ainsi que les papiers d'identité et effectuer des recherches concernant la provenance et l'identité du requérant [...] ». La mise en œuvre de ces deux articles est réglée par l'Ordonnance sur l'asile (LAsi)³⁶, en particulier par son article 7 al. 1, qui dispose que « [l]ors de l'établissement des faits, il est loisible aux autorités de déterminer si l'âge indiqué par le requérant d'asile correspond à son âge réel en recourant à des méthodes scientifiques [...] ». L'ordonnance sur l'asile introduit donc le concept de méthodes scientifiques, sans

²⁹ Cf. JANE TAYLOR ET MATTHEW BLENKIN, Age evaluation and odontology in the living, in : Sue Black, Anil Aggrawal and Jason Payne-James (éds.), Age estimation in the living : The practitioner's guide. John Wiley & Sons : Hoboken 2010, p. 176 ss. et GABIOUD, 2009, p. 58-98, note 26.

³⁰ Cf. ARTO DEMIRJIAN/HARVEY GOLDSTEIN ET JAMES M TANNER, A new system of dental age assessment, Human Biology 45/1973, p. 211 ss. et ARTO DEMIRJIAN ET HARVEY GOLDSTEIN, New systems for dental maturity based on seven and four teeth, Annals of Human Biology 3/1976, p. 411 ss.

³¹ Cf. HARRY H MINCER/EDWARD F HARRIS ET HUGH E BERRYMAN, The A.B.F.O. Study of third molar development and its use as an estimator of chronological age, Journal of Forensic Sciences 38/1993, p. 379 ss.

³² Cf. ANDREAS SCHMELING et al., Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography, International Journal of Legal Medicine 118/2004, p. 5 ss.

³³ Cf. MANUEL KELLINGHAUS et al., Enhanced possibilities to make statements on the ossification status of the medial clavicular epiphysis using an amplified staging scheme in evaluating thin-slice CT scans, International Journal of Legal Medicine 124/2010, p. 321 ss.

³⁴ Cf. ANDREAS SCHMELING et al., Forensic age estimation - methods, certainty, and the law, Deutsches Ärzteblatt International 113/2016, p. 44 ss. ou BIANCA GELBRICH et al., Combining wrist age and third molars in forensic age estimation : How to calculate the joint age estimate and its error rate in age diagnostics, Annals of Human Biology 42/2015, p. 389 ss.

³⁵ Loi sur l'Asile (LAsi) du 26 juin 1998, RS 142.31.

³⁶ Ordonnance 1 sur l'asile (OA1) du 11 août 1999, RS 142.311. Pour l'Union européenne, la possibilité d'effectuer des examens (scientifiques) médicaux est prévue par l'article 25.5 de la Directive 2013/32/EU qui dispose que « [l]es États membres peuvent procéder à des examens médicaux afin de déterminer l'âge d'un mineur non accompagné dans le cadre de l'examen d'une demande de protection internationale, lorsqu'ils ont des doutes à ce sujet après avoir pris connaissance de déclarations générales ou de tout autre élément pertinent. Si, par la suite, ils persistent à avoir des doutes sur l'âge du demandeur, les États membres présument que le demandeur est un mineur [...] ». Cf. Directive 2013/32/EU du Parlement européen et du Conseil du 26 juin 2013 relative à des procédures communes pour l'octroi et le retrait de la protection internationale. La même disposition pose également un certain nombre de règles quant à la collecte des données, notamment par rapport aux droits de la personne concernée.

plus définir la notion de « scientificité ». Par ailleurs, aucune indication précise des méthodes à appliquer n'est donnée.

[Rz 11] Le Tribunal administratif fédéral s'est penché à plusieurs reprises sur la question de la force probante des examens médicaux dans le domaine de l'estimation de l'âge des requérants d'asile. Concernant l'évaluation du développement squelettique de la main et du poignet, en particulier au moyen de l'atlas G&P, l'ancienne Commission de recours en matière d'asile (ci-après : CRA) avait estimé que les résultats de l'examen en question ne pouvaient remettre en doute les déclarations d'un requérant d'asile quant à son âge que si l'âge estimé différait de plus de trois ans de l'âge déclaré³⁷. La CRA avait toutefois souligné que cet examen ne pouvait être utilisé que pour établir que la personne tentait de tromper les autorités quant à son identité, et non comme moyen de preuve pour établir l'âge chronologique de la personne ou pour déterminer formellement que la personne était majeure ou mineure³⁸. Ayant repris les compétences de la CRA dans ce domaine depuis 2007, la position du Tribunal administratif fédéral par rapport à la valeur probante de l'examen osseux du poignet et de la main n'est cependant pas toujours claire. Dans certains arrêts, les juges ont relevé que, si le résultat de l'examen consistait dans un âge situé à l'intérieur de cette marge de trois ans, le résultat de l'expertise n'avait aucune valeur probante et ne pouvait donc pas servir de preuve pour réfuter une minorité alléguée³⁹, alors que, dans d'autres arrêts, ils ont retenu que la valeur probante de l'examen était dans ce cas réduite (mais pas nulle)⁴⁰.

[Rz 12] En ce qui concerne la méthodologie des trois piliers évoquée plus haut, le Tribunal administratif fédéral a jugé qu'un examen mené selon ses principes peut être considéré comme une expertise au sens de l'art. 12 Loi fédérale sur la procédure administrative (PA)⁴¹ et jouit donc d'une valeur probante plus élevée que le simple examen osseux de la main et du poignet⁴². Bien qu'une expertise de ce type ne permette pas de prouver la majorité d'une personne, elle fournit un renseignement qui a une valeur probante élevée en l'absence d'autres moyens de preuve⁴³. Dans un tout récent arrêt, le Tribunal administratif fédéral propose aussi des critères simples pour évaluer la force probante de conclusion d'une expertise menée selon cette méthodologie⁴⁴. Cependant, le Tribunal souligne également qu'il est toujours nécessaire d'effectuer une évaluation globale de la situation, en prenant en compte toutes les informations disponibles, pour juger de la crédibilité de la personne qui se dit mineure⁴⁵. Enfin, le Tribunal administratif fédéral a arrêté les exigences quant au contenu du rapport d'expertise en matière d'estimation de l'âge des requérants d'asile⁴⁶.

³⁷ Cf. JICRA 2000 n° 19, consid. 8, pp. 187–188 et JICRA 2001 n° 23, consid. 4c, p. 186.

³⁸ Cf. JICRA 2005 n° 16, consid. 2.3, p. 143.

³⁹ Cf. par exemple arrêt du Tribunal administratif fédéral E-3301/2012 du 3 août 2012, consid. 4.4 ; arrêt du Tribunal administratif fédéral E-4497/2015 du 23 septembre 2015, consid. 2.5.1.

⁴⁰ Cf. par exemple arrêt du Tribunal administratif fédéral E-7073/2015 du 17 décembre 2015, consid. 3.6.

⁴¹ Loi fédérale sur la procédure administrative (PA) du 20 décembre 1968, RS 172.021.

⁴² Cf. par exemple arrêt du Tribunal administratif fédéral D-4910/2015 du 21 juin 2017, consid. 4.3 ; arrêt du Tribunal administratif fédéral A-7011/2016 du 19 janvier 2017, consid. 5.3 ; arrêt du Tribunal administratif fédéral A-3080/2016 du 26 janvier 2016, consid. 7.2 .

⁴³ Cf. par exemple arrêt du Tribunal administratif fédéral D-4910/2015 du 21 juin 2017, consid. 4.3 ; arrêt du Tribunal administratif fédéral D-859/2016 du 7 avril 2016, consid. 6.3.

⁴⁴ Cf. arrêt du Tribunal administratif fédéral E-891/2017 du 8 août 2018, consid. 4.2.2.

⁴⁵ Cf. par exemple arrêt du Tribunal administratif fédéral D-6422/2016 du 10 janvier 2017, consid. 5.5.

⁴⁶ Cf. JICRA 2004 n° 31, consid. 5 et, pp. 222–224, et consid. 7.3, pp. 225–226.

3. L'estimation de l'âge dans un contexte forensique

3.1. L'inférence sur l'âge

[Rz 13] La structure du raisonnement inférentiel quant à l'estimation de l'âge est différente selon que l'on se trouve dans un contexte médical ou forensique. Dans le premier cas, on est face à un raisonnement de type *déductif*, tandis que dans le second, il s'agit plutôt d'une inférence *inductive*.

[Rz 14] Afin d'illustrer le propos, considérons une série d'hypothèses, d'événements ou de causes. Dans le cadre de l'estimation de l'âge, imaginons une série de différents âges chronologiques qui peuvent potentiellement avoir été atteints par la personne examinée. Ces événements doivent être mutuellement exclusifs et exhaustifs dans le scénario d'intérêt⁴⁷. Considérons ensuite une série d'observations ou de résultats expérimentaux, par exemple l'état développemental d'un attribut physique spécifique, comme la dentition ou le squelette de la main et du poignet. L'inférence déductive va d'un postulat donné vers une observation attendue : à partir d'une cause que l'on sait réalisée, on s'attend à observer un certain effet. Le raisonnement inductif, quant à lui, va dans la direction opposée : à partir d'une observation ou d'un résultat particulier, on infère des causes (ou événements) possibles⁴⁸. Ainsi, en tenant compte des variations interpersonnelles naturelles au sein d'une même population ou entre populations différentes :

- lors d'un examen médical, le médecin connaît l'âge de la personne examinée et, sur la base de cette information, s'attend à observer un certain état développemental pour un attribut physique donné. Dans ce contexte, une déviation du degré de maturation par rapport aux observations attendues pourrait indiquer un désordre développemental. Il s'agit donc d'un raisonnement « déductif » : la cause (âge) est connue, et on en *déduit* l'observation attendue (état développemental) ;
- dans le contexte forensique, l'âge est l'information inconnue que l'autorité vise à établir ; il est inféré sur la base de l'état développemental de l'attribut physique observé. Il s'agit, dans ce scénario, d'une inférence « inductive ». L'effet (état de développement) est observé, et on cherche à en *induire* la cause (l'âge).

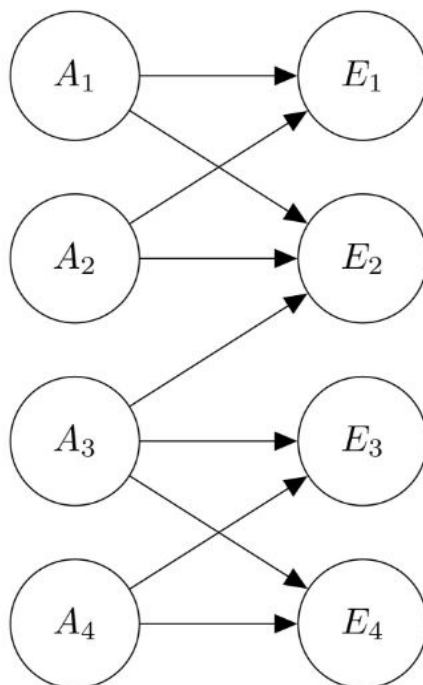
[Rz 15] La Figure 1 illustre la différence entre ces deux types de raisonnement. Considérons une série de quatre âges chronologiques, A_1, A_2, A_3 et A_4 , et une série de quatre états développementaux possibles pour un attribut physique considéré, E_1, E_2, E_3 et E_4 . Ces deux séries sont liées par une relation causale⁴⁹, qui va de l'âge aux états développementaux : pour un âge chronologique

⁴⁷ Deux événements sont dits mutuellement exclusifs si la réalisation de l'un des deux exclut la réalisation de l'autre. Par ailleurs, la série est dite exhaustive si les événements qui la composent couvrent l'intégralité des événements possibles pour un scénario donné. Considérons le scénario de l'estimation de l'âge d'un jeune migrant. On peut raisonnablement poser l'hypothèse que la personne examinée a entre 14 et 22 ans. Ainsi, la série des événements ou causes retenues est composée des âges chronologiques compris entre 14 et 22 ans. Ces âges sont exhaustifs, car ils couvrent tout l'intervalle considéré, et mutuellement exclusifs, car le sujet n'a qu'un seul âge, à l'exclusion de tous les autres.

⁴⁸ Pour des exemples dans le contexte forensique, cf. FRANCO TARONI ET ALEX BIEDERMANN, Uncertainty in forensic science : Experts, probabilities and Bayes theorem, *Statistica Applicata - Italian Journal of Applied Statistics* 27/2015, p. 129 ss.

⁴⁹ Le processus développemental des différents systèmes du corps débute pendant la vie intra-utérine et continue après la naissance, moment qui fait démarrer le décompte de l'âge chronologique. Le processus développemental se poursuit au fil du temps parallèlement à l'écoulement du temps chronologique. Plusieurs études ont montré que ce processus se déroule en étapes établies et ordonnées (cf. à titre d'exemple SCHEUER et al., 2000, note 18) et qu'un certain moment chronologique correspond à une certaine étape développementale. Du point de vue de

donné, on s'attend à observer des états développementaux spécifiques⁵⁰. Par exemple, en présence d'une personne ayant l'âge A_2 , on s'attend à observer les états E_1 ou E_2 . Ce type de raisonnement est déductif.



[Rz 16] *Figure 1* : schéma du raisonnement inférentiel pour l'estimation de l'âge. Les cercles de gauche (A) représentent des âges chronologiques, les cercles de droite (E) des états développementaux. Les flèches modélisent la direction de la relation causale entre les variables : on s'attend à observer un (ou plusieurs) état(s) développemental(-aux) parce que la personne a un certain âge chronologique.

[Rz 17] A l'inverse, si on ne connaît pas l'âge de la personne examinée, on peut observer son état développemental pour un attribut physique spécifique, et en induire son âge. Par exemple, si on observe l'état E_2 , on peut induire que la personne est âgée de A_1 , A_2 ou A_3 , selon le schéma proposé dans la Figure 1. Dans ce cas, l'âge de la personne examinée ne peut pas logiquement être déterminé de manière univoque. En effet, l'inférence inductive est un type de raisonnement ampliatif⁵¹ qui implique intrinsèquement de l'incertitude : les données et les informations disponibles à la base du raisonnement sont généralement limitées et incomplètes, et ne peuvent donc pas mener à des réponses catégoriques et déterministes⁵². Ce type d'inférence est propre à l'ap-

l'inférence, on s'attend donc à observer un certain état développemental parce que la personne examinée a atteint un âge chronologique donné (en tenant compte des variations naturelles entre individus).

⁵⁰ Relation obtenue en analysant des données structurées de manière adéquate. Cf. SCHMELING et al., 2008, p. 458, note 20. Bien évidemment, la relation est propre à des groupes de personnes partageant des caractéristiques similaires, par exemple au niveau du sexe, des conditions de vie, etc.

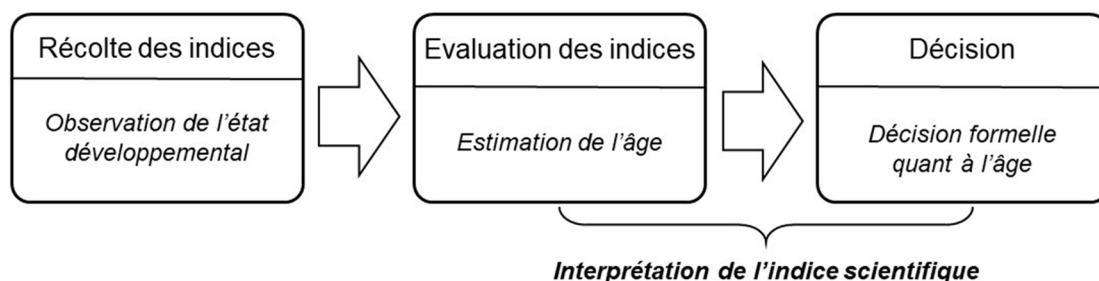
⁵¹ Cf. DAVID A SCHUM, *The evidential foundations of probabilistic reasoning*, John Wiley & Sons : New York, 1994.

⁵² A cet égard, la prise de position de la SSP (voir notes 1 et 2) surprend lorsqu'il est dit : « ... aujourd'hui, aucune méthode scientifique ne permet d'établir précisément l'âge d'un jeune qui se situerait entre 15 et 20 ans afin de définir avec certitude s'il est majeur ou mineur [...] ». En effet, les concepts d'« établir précisément » et de « définir

proche scientifique, qui est généralement associée à l'idée d'« apprentissage par l'expérience » : on cherche à résoudre des problèmes, à tester des hypothèses ou à prédire des résultats futurs sur la base de connaissances ou de données acquises par des expérimentations ou des observations précédentes. L'estimation forensique de l'âge se base sur ces mêmes principes. Des données de référence sont récoltées sur des individus dont l'âge est connu, et exploitées pour inférer l'âge d'un sujet spécifique. Le problème est que les méthodes scientifiques généralement employées pour l'estimation de l'âge ont été conçues dans un contexte médical et donc pour permettre un raisonnement de type déductif. Il n'est donc pas certain qu'elles soient adaptées pour la gestion de l'incertitude propre au raisonnement inductif⁵³.

3.2. Le processus d'estimation de l'âge dans un contexte forensique

[Rz 18] Le processus d'estimation de l'âge dans le contexte forensique peut être résumé en trois phases successives (voir Figure 2). Dans une première étape, l'expert⁵⁴ observe et définit l'état de développement des différents attributs physiques de la personne examinée. Ensuite, les données récoltées sont évaluées au moyen de méthodes statistiques afin de produire une estimation de l'âge de l'expertisé, ou évaluer la possibilité que la personne expertisée soit mineure ou non⁵⁵. Ces deux phases devraient généralement être accomplies par l'expert. La troisième phase, soit la phase décisionnelle, revient à une autorité judiciaire ou administrative, généralement le mandant de l'expertise, et consiste à décider formellement de l'âge de la personne expertisée ou à décider si elle est mineure ou majeure au sens de la loi. Cette décision se fonde sur les résultats de l'expertise, ainsi que sur tous les autres moyens de preuves disponibles.



avec certitude » sont contraires à l'entreprise scientifique ; la question n'est pas de savoir si telle méthode permet d'atteindre la certitude, mais de savoir dans quelle mesure une certaine méthode est fiable, et comment gérer l'incertitude qui y est associée.

⁵³ Cet aspect est abordé dans la section 7.1.

⁵⁴ En réalité, une expertise portant sur l'estimation de l'âge implique la participation de plusieurs experts : dentiste (forensique), radiologue (forensique), médecin légiste, entre autres. L'une de ces personnes est ensuite chargée de coordonner le groupe de travail (cf. ANDREAS SCHMELING, Forensic age estimation, in : Jay A Siegel and Pekka J Saukko (éds.), Encyclopedia of Forensic Sciences. Academic Press : Waltham 2013, p. 133 ss., p. 136). Nous adoptons ici le singulier (et le masculin) par souci de simplification.

⁵⁵ Le renseignement fourni par l'expert peut prendre la forme d'un estimateur de l'âge chronologique de la personne expertisée, d'une pondération de la possibilité qu'elle soit mineure ou majeure, de l'âge minimale possible ou une combinaison des différents renseignements. La forme du renseignement fourni dépend des questions et des besoins du mandant.

[Rz 19] *Figure 2* : Etapes du processus d'estimation forensique de l'âge.

[Rz 20] L'information prise en considération par l'expert consiste en l'observation de l'état de développement identifié pour un ou plusieurs attributs physiques⁵⁶. Il s'agit d'une information par nature partielle, étant donné qu'elle consiste dans une observation ponctuelle d'un phénomène biologique continu. L'inférence faite à partir de cette information partielle se base sur des connaissances préalables, notamment des données concernant le processus de développement observé dans des populations de référence ou dans des groupes de sujets d'intérêt. Par ailleurs, le développement humain est influencé par des facteurs divers – tels la génétique, l'environnement ou encore l'origine ethnique⁵⁷ – qui génèrent une variabilité dans la chronologie des différentes étapes évolutives interindividuelles (mais dont l'ordre est néanmoins universel pour tous les individus). Autrement dit, même au sein d'un groupe de personnes partageant les mêmes caractéristiques et le même vécu, deux individus du même âge peuvent se situer à des stades développementaux différents. La relation entre indice observé et âge à estimer est généralement décrite par le biais de méthodes statistiques visant à modéliser la réalité de la façon la moins imparfaite possible. L'incertitude est donc inhérente au processus d'inférence, et il serait irrationnel de prétendre l'éliminer complètement. L'objectif doit donc plutôt être de réduire cette incertitude autant que possible, et de la gérer de façon cohérente⁵⁸. Or, une telle approche implique d'utiliser un cadre de raisonnement probabiliste⁵⁹.

4. Probabilités et approche bayésienne pour l'inférence scientifique

[Rz 21] La théorie des probabilités offre un cadre normatif rationnel pour l'inférence⁶⁰. En effet, la probabilité est le standard pour la mesure de l'incertitude comme le mètre est le standard pour la mesure de la longueur⁶¹. La probabilité représente la quantification de notre degré de croyance quant à un événement ou quant à une quantité d'intérêt, sur la base de nos connaissances à un

⁵⁶ Cet aspect, résumé dans la phase 1 de la Figure 2, consiste déjà en un premier problème inférentiel et décisionnel. Sur la base d'une caractéristique spécifique observée sur la personne d'intérêt, et d'un standard de référence, l'expert infère les états développementaux les plus probables et décide quel stade développemental doit être assigné dans le cas d'espèce. Cette procédure implique également un certain degré d'incertitude, qui est inhérente à toute procédure d'observation ou mesure scientifique, comme souligné par I. W. EVETT, *Expert evidence and forensic misconceptions of the nature of exact science*, *Science and Justice* 36/1996, p. 118 ss., p. 118 : « [...] it is indisputable that science is based on observation, experiment and measurement. It is also true that measurement, in particular, can be carried out to high degrees of precision, although not indefinitely so because there is an uncertainty principle which says that there are inescapable limits to the exactness with which measurements may be made. In general, any measurement is only « exact » up to a limit determined by unavoidable practical limitations [...] ».

⁵⁷ Cf. NOËL CAMERON ET LAURA L JONES, *Growth, maturation and age*, in : Sue Black, Anil Aggrawal and Jason Payne-James (éds.), *Age estimation in the living : The practitioner's guide*. John Wiley & Sons : Hoboken 2010, p. 95 ss.

⁵⁸ Pour reprendre l'exemple mentionné dans la section 3.1, en observant un état E_2 on peut inférer que la personne soit âgée de l'âge A_1 , A_2 ou A_3 : le résultat est donc incertain, il serait donc envisageable de pouvoir quantifier cette incertitude afin d'évaluer si un des âges est plus probable des autres, par exemple.

⁵⁹ Cf. DENNIS V LINDLEY, *Understanding uncertainty*, John Wiley & Sons : Hoboken, 2006.

⁶⁰ Cf. DENNIS V LINDLEY, *Probability and the law*, *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)* 26/1977, p. 203 ss.

⁶¹ Cf. DENNIS V LINDLEY, *Probability*, in : Colin G G Aitken and David A Stoney (éds.), *The use of statistics in forensic science*. Ellis Horwood : Chichester 1991, p. 27 ss., p. 30 : « [p]robability is the standard measurement of uncertainty, and it is proposed to compare all uncertainties with the standard : that is, using probability [...] ».

moment historique précis⁶². Des lois des probabilités découle le théorème de Bayes⁶³, qui décrit comment une croyance initiale (ou *a priori*) quant à un événement (ou à une quantité ou à une cause) évolue à la lumière de nouvelles informations, pour aboutir à une nouvelle croyance sur cet événement d'intérêt (ou cette quantité, ou cette cause). Cette nouvelle croyance est dite *a posteriori*. Le théorème de Bayes fournit ainsi une solution pour le problème général de l'induction⁶⁴, et l'approche bayésienne offre un cadre optimal pour l'évaluation et l'interprétation de l'indice forensique. En effet, il permet une appréciation équilibrée, transparente, robuste, flexible et logique de l'incertitude; des caractéristiques généralement reconnues comme désirables par les communautés forensiques et légales.

[Rz 22] Par exemple, l'approche bayésienne requiert de considérer l'information disponible sous les différents points de vue adoptés par les parties et les autorités impliquées dans une procédure⁶⁵. Dans le contexte de l'estimation de l'âge, l'expert devra considérer le point de vue du mandant de l'expertise, tout comme celui de la personne examinée. L'expert devra être en mesure de décrire de manière claire et explicite les différentes étapes de son raisonnement, depuis ses observations sur l'individu jusqu'à ses conclusions. Ceci lui permettra de garantir la transparence et la robustesse de son raisonnement. Ce type de démarche est flexible car il peut s'appliquer à tout type de situation inférentielle (inductive), indépendamment du type d'information scientifique à disposition (observations radiographiques, profils génétiques, empreintes digitales, etc.). Dans le domaine de l'estimation forensique de l'âge, l'approche bayésienne permet de conceptualiser le passage de l'observation d'un certain caractère physique, autrement dit d'un état développemental donné, à une évaluation de l'âge chronologique de la personne. C'est ce que nous verrons dans la partie suivante.

5. L'approche bayésienne pour l'estimation forensique de l'âge

5.1. Le modèle bayésien

[Rz 23] Le théorème de Bayes peut être exprimé de façon formelle comme suit :

⁶² Plusieurs définitions de la notion de probabilité ont été développées. LINDLEY, 2006, p. 30–46, note 58. L'approche dite subjectiviste est toutefois celle qui permet le mieux d'apprécier l'incertitude liée à un indice ou à un événement d'intérêt légal ou forensique; cf. not. ALEX BIEDERMANN, The role of the subjectivist position in the probabilization of forensic science, *Journal of Forensic Science and Medicine* 1/2015, p. 140 ss. ou encore FRANCO TARONI/COLIN G G AITKEN ET PAOLO GARBOLINO, De finetti's subjectivism, the assessment of probabilities and the evaluation of evidence : A commentary for forensic scientists, *Science and Justice* 41/2001, p. 145 ss. La notion d'*objectivité* des probabilités en science forensique a aussi été discutée par ALEX BIEDERMANN ET FRANCO TARONI, Réserves à propos de la notion d'*objectivité* en lien avec l'incertitude et les probabilités rencontrées dans le procès pénal, *Revue internationale de criminologie et de police technique et scientifique* LXVI/2013, p. 47 ss.

⁶³ Du nom de Thomas Bayes, pasteur et mathématicien britannique (1702-1761).

⁶⁴ Cf. TARONI et al., 2015, p. 133, note 48.

⁶⁵ Cf. par exemple, EVETT, 1996, p. 122, note 56 : « [...] a scientist cannot speculate about the truth of a proposition without considering at least one alternative proposition. Indeed, an interpretation is without meaning unless the scientist clearly states the alternatives he has considered [...] ».

$$\Pr(A|E) = \frac{\Pr(E|A) \times \Pr(A)}{\Pr(E)}$$

[Rz 24] Dans le cadre d'un processus d'estimation de l'âge d'une personne, les composantes de cette formule seraient les suivantes :

- A représente l'âge chronologique ;
- E représente l'observation de l'état développemental d'un (ou de plusieurs) attribut physique⁶⁶ ;
- $\Pr()$ représente la croyance (la probabilité) que le décideur a dans la véracité d'un événement ;
- $\Pr(|)$ décrit une probabilité dite *conditionnée*, c'est-à-dire la croyance qu'un décideur a dans la véracité d'un événement (à gauche de la barre de conditionnement $|$) sachant qu'un autre événement est vrai (l'événement se trouvant à droite de la barre de conditionnement)⁶⁷. Ainsi, $\Pr(A|E)$ indique par exemple la croyance qu'a le décideur dans la véracité de l'âge A au vu de l'observation de l'état développemental E .

[Rz 25] Comme on le voit dans la formule ci-dessus, le théorème de Bayes est composé de trois éléments principaux : les probabilités dites *a posteriori* $\Pr(A|E)$, qui résultent d'une combinaison normalisée des probabilités *a priori* $\Pr(A)$ et de la *fonction de vraisemblance* $\Pr(E|A)$. Le dernier terme, $\Pr(E)$ renvoie à la probabilité de l'indice. Cette probabilité peut être obtenue par la pondération de la véracité de l'indice E en fonction de toutes les réalisations possibles de l'évènement A ⁶⁸. Un exemple concret d'application du théorème de Bayes pour l'estimation de l'âge est présenté dans la section 5.2.

[Rz 26] En langage naturel, la formule présentée plus haut signifie simplement que l'appréciation que l'expert fait de l'âge de la personne expertisée [$\Pr(A|E)$] est une combinaison des résultats de l'expertise qu'il a menée [$\Pr(E|A)$] et de l'appréciation qu'il a de l'âge de la personne expertisée par ailleurs, c'est-à-dire sur la base des autres éléments du dossier [$\Pr(A)$]. Reprenons tour à tour ces différents éléments.

⁶⁶ Il s'agit donc de l'indice scientifique. La lettre E est communément utilisée en référence au mot anglais « evidence » (indice, preuve).

⁶⁷ A noter que sur le plan conceptuel, toutes les probabilités sont conditionnées à une connaissance préalable, même si la formule ne l'explique pas (c'est-à-dire qu'aucune barre de conditionnement n'est présente) : l'assignation de toute probabilité dépend des circonstances spécifiques du cas ainsi que des connaissances de la personne à un certain moment historique.

⁶⁸ Formellement, en supposant que l'évènement A peut se réaliser en n formes (par exemple une série d'âges chronologiques) : $\Pr(E) = \Pr(E \setminus A_1) \oplus \Pr(A_1) + \Pr(E \setminus A_2) \oplus \Pr(A_2) + \dots + \Pr(E \setminus A_n) \oplus \Pr(A_n)$.

a. La probabilité a posteriori [Pr(A|E)]

[Rz 27] Il s'agit de la croyance qu'a le décideur dans le fait que la personne expertisée a atteint un certain âge une fois pris en compte l'indice développemental (élément scientifique, résultats de l'expertise). Cette probabilité représente le point final du raisonnement inférentiel. Elle répond à la question : quelle est la probabilité que la personne expertisée ait l'âge *A*, à la lumière de toutes les informations en ma possession (éléments historiques et éléments scientifiques) ? Cette probabilité contient en elle-même toute l'incertitude liée au cas spécifique dans un format facilement interprétable et exploitable, et elle peut aussi être visualisée dans un graphique pour illustrer l'incertitude inhérente à l'estimation (comme nous le verrons dans la Section 5.2). A partir des probabilités *a posteriori* sur une série d'âges d'intérêt, il est possible, par exemple, d'inférer l'âge le plus probable pour l'individu expertisé, ou de quantifier la probabilité que la personne expertisée soit mineure ou majeure.

b. La probabilité a priori [P(A)]

[Rz 28] Il s'agit de la croyance initiale dans le fait que la personne expertisée a atteint un certain âge *avant que* ne soit pris en compte l'indice développemental (élément scientifique, résultats de l'expertise)⁶⁹. Cette probabilité *a priori* reflète donc la croyance initiale de l'expert⁷⁰. Concrètement, la probabilité *a priori* quant à l'âge chronologique peut être assignée de plusieurs façons :

- on pourrait envisager de choisir des probabilités uniformes pour quantifier la croyance de l'expert dans l'âge de la personne examinée. Cela signifie que la même valeur de probabilité est assignée à chaque âge potentiel de la personne examinée ; l'expert présuppose, sur la base des informations historiques à sa disposition et de son expérience, que tous les âges, par exemple entre 14 et 22 ans, sont équiprobables ;
- l'expert peut se baser sur son expérience et sur les connaissances acquises en étudiant des caractères apparents d'individus dont l'âge est connu pour quantifier sa croyance initiale de façon plus pondérée⁷¹ ;
- en s'appuyant sur la méthodologie des trois piliers, les probabilités *a priori* (sur chaque âge potentiel) pourraient être quantifiées sur la base des informations collectées pendant

⁶⁹ Par exemple, une première appréciation visuelle de la personne, ou des informations générales récoltées lors de l'examen physique dans le cadre de la méthodologie des trois piliers. On appelle cette appréciation *a priori* car c'est l'appréciation que l'expert a *avant* de connaître les résultats de son expertise.

⁷⁰ On peut s'interroger sur la question de savoir si l'assignation des probabilités *a priori* relève de l'expert ou de l'autorité qui mandate ce dernier. Dans le domaine pénal, l'assignation de probabilités *a priori* est une tâche qui revient toujours au mandant, et non à l'expert forensique. Cela se justifie par le fait que l'autorité a connaissance de l'intégralité du dossier, alors que l'expert en a, généralement, une connaissance limitée à l'objet de son expertise. Dans le domaine de l'estimation de l'âge, il peut arriver que l'expert soit en mesure de collecter plus de données spécifiques sur l'âge de la personne que l'autorité. Dans ce cas, c'est à l'expert qu'il revient d'arrêter des probabilités *a priori*. En revanche, tout autre renseignement à disposition du décideur (par exemple, l'incohérence des déclarations de la personne quant à son enfance, une carte scolaire semblant falsifiée, des empreintes digitales ayant apparemment été détruites avec de l'acide, etc.) devra être intégré dans le processus inférentiel, au moment de la prise de décision par l'autorité.

⁷¹ Cf. DAVID LUCY, The presentation of results and statistics for legal purposes, in : Sue Black, Anil Aggrawal and Jason Payne-James (éds.), Age estimation in the living : The practitioner's guide. John Wiley & Sons : Hoboken 2010, p. 267 ss., p. 272.

un entretien ou des premières informations collectées lors de l'examen physique de la personne⁷² ;

- finalement, pour des scénarios qui impliquent un groupe de personnes spécifiques, des probabilités *a priori* individuelles peuvent être quantifiées par transposition d'un raisonnement de caractère démographique concernant l'âge des personnes concernées⁷³.

[Rz 29] Il est fondamental de noter que l'assignation de probabilités *a priori* est une tâche purement personnelle. Elle dépend des connaissances et de l'expérience de l'expert, et l'autorité pourrait vouloir affiner cette évaluation ou y substituer d'autres données jugées plus valides. L'autorité compétente devra donc se pencher sur les effets que le choix de ces probabilités peut avoir sur la quantification des estimateurs, car le résultat de l'expertise en dépendra directement⁷⁴.

c. La fonction de vraisemblance $[\Pr(E|A)]$

[Rz 30] La fonction de vraisemblance indique la probabilité d'observer un certain état de développement si on tient l'âge chronologique pour établi⁷⁵. Elle définit la relation entre les signes du développement et l'âge, et quantifie l'incertitude de cette relation. Généralement, la fonction de vraisemblance est assignée sur la base des données récoltées en analysant une population ou un groupe de personnes de référence. Elle peut donc aussi être définie en tenant compte de variables pouvant influencer la relation entre le développement physique et l'âge, comme par exemple le sexe de la personne expertisée, ou les conditions socio-économiques dans lesquelles elle a grandi.

5.2. Exemple d'application

[Rz 31] Supposons qu'un expert soit mandaté pour une expertise sur un jeune migrant de nationalité connue. L'autorité demande à l'expert d'estimer l'âge de cette personne, et d'évaluer la possibilité que cette personne soit majeure ou mineure. Supposons que, suite à un premier entretien avec la personne expertisée, et après un examen médical préliminaire, l'expert soit convaincu que l'individu ne peut pas être plus jeune que 14 ans, ni âgé de plus de 22 ans⁷⁶. Comme nous

⁷² A noter qu'il est généralement admis que cet examen a une faible utilité pour l'estimation de l'âge proprement dite. Il est en revanche très important pour détecter d'éventuels désordres du développement pouvant affecter le résultat de l'estimation. Cf. EASO, 2018, p. 55–56, note 3.

⁷³ Dans le cas des migrants, par exemple, l'autorité est intéressée à savoir si la personne expertisée est âgée de plus ou de moins de 18 ans. Logiquement, une expertise ne sera demandée que si un doute existe, et ce doute sera d'autant plus grand que l'âge réel de la personne se situera autour du seuil des 18 ans (plutôt qu'à 14 ou 22 ans). Une probabilité *a priori* plus élevée peut donc être assignée pour les âges proches de 18, alors que des probabilités plus faibles peuvent être assignées aux âges si situant aux marges de l'intervalle. Pour un exemple de ce type d'assignation, voir EMANUELE SIRONI et al., Probabilistic graphical models to deal with age estimation of living persons, International Journal of Legal Medicine 130/2016, p. 475 ss.

⁷⁴ Pour des exemples, cf. EMANUELE SIRONI et al., Bayesian networks of age estimation and classification based on dental evidence : A study on the third molar mineralization, Journal of Forensic and Legal Medicine 55/2018, p. 23 ss. ; EMANUELE SIRONI et al., Age estimation by assessment of pulp chamber volume : A bayesian network for the evaluation of dental evidence, International Journal of Legal Medicine 132/2018, p. 1125 ss. et EMANUELE SIRONI/VILMA PINCHI ET FRANCO TARONI, Probabilistic age classification with bayesian networks : A study on the ossification status of the medial clavicular epiphysis, Forensic Science International 258/2015, p. 81 ss..

⁷⁵ Elle vise donc à répondre à la question : Quelle est la probabilité d'observer l'état développemental E sur l'os du poignet si la personne a 15 ans ? Si elle a 16 ans ? etc.

⁷⁶ La croyance de l'expert présentée ici est une croyance personnelle informée, basée sur les informations récoltées lors des examens préliminaires, mais aussi sur son expérience.

l'avons vu plus haut, ces informations permettent à l'expert de quantifier des probabilités *a priori* sur l'âge ; ici, nous retenons une distribution équiprobable pour les âges dans l'intervalle considéré (voir la première ligne du Tableau 1)⁷⁷.

[Rz 32] Supposons maintenant que l'expert se focalise sur l'examen d'un seul attribut physique, dont le développement peut être décrit par quatre étapes ordonnées et différenciables dénommées A, B, C et D⁷⁸. En particulier, supposons que l'expert quantifie l'état de développement observé chez l'expertisé comme correspondant à l'étape C. Pour quantifier la *fonction de vraisemblance*, c'est-à-dire la probabilité d'observer l'étape de développement C en fonction de l'âge chronologique, l'expert se base sur des études publiées dans la littérature spécialisée qui présentent des données mesurées dans une population connue, dont les caractéristiques ethniques et socio-économiques sont compatibles avec celles de l'individu expertisé⁷⁹. Les données collectées sur 155 individus expertisés sont présentées dans le Tableau 2. L'expert peut donc utiliser ces données pour calculer la proportion d'individus observés dans les quatre étapes de développement en fonction de leur âge. Ces proportions peuvent ensuite être utilisées pour assigner des fonctions de vraisemblance pour chaque âge⁸⁰ ; elles sont présentées par les valeurs de la deuxième ligne du Tableau 1.

[Rz 33]

Age	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Pr(A)	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
Pr(E A)	0.000	0.013	0.013	0.026	0.045	0.097	0.135	0.097	0.090
Pr(A E)	0.000	0.025	0.025	0.050	0.087	0.188	0.263	0.187	0.175
	Pr(A < 18) = 0.10	Pr(A 18) = 0.90							

Tableau 1 : Probabilités *a priori* Pr(A), fonctions de vraisemblance Pr(EA) et probabilités *a posteriori* Pr(AE) pour les âges considérés dans le scénario proposé. La dernière ligne du tableau présente les valeurs des probabilités *a posteriori*, soit la probabilité que la personne expertisée soit mineure ou majeure⁸¹.

⁷⁷ Autrement dit, nous considérons que, avant d'avoir observé l'état développemental de différents attributs physiques cibles, il est tout aussi probable que l'individu soit âgé de 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 ou 22 ans. Comme il y a 9 âges possibles, nous divisons 1 (ou 100%) par 9, et obtenons 0.111 (ou un peu plus de 11%).

⁷⁸ Cette nomenclature est différente de celle qui a été présentée dans la Figure 1, mais le concept est le même.

⁷⁹ Ces données sont reprises de la publication de KARL-FRIEDRICH KREITNER et al., Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle, Eur Radiol 8/1998, p. 1116 ss., p. 1118, mais elles sont utilisées ici à des fins d'illustration sans référence directe à l'attribut physique examiné.

⁸⁰ Des méthodes statistiques plus complexes et qui mieux décrivent la relation entre âge chronologique et âge biologique ont été présentées dans la littérature. L'exemple montré ici et purement illustratif.

⁸¹ A noter que la valeur de la fonction de vraisemblance s'obtient en faisant le rapport entre le nombre d'observations dans l'état d'intérêt (par exemple, état de développement C) dans une catégorie d'âge donnée (par exemple, 20 ans) et le nombre total d'observations. Ainsi, la valeur 0.135 en ce qui concerne l'état C pour les personnes âgées de 20 ans s'obtient en divisant 21 par 155 (voir Tableau 2).

[Rz 34]

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Tot
A	5	2	1	0	0	0	0	0	0	8
B	8	16	16	9	10	5	1	0	1	66
C	0	2	2	4	7	15	21	15	14	80
D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Tot	13	20	19	13	17	20	22	15	16	155

Tableau 2 : Décompte des individus identifiés comme se situant dans un état de développement donné (A, B, C ou D) . Par exemple, à l'âge de 14 ans, 5 individus présentaient l'état de développement A pour l'attribut physique examiné, et 8 individus présentaient l'état de développement B. Aucun individu ne présentait les états de développement C et D ⁸².

[Rz 35] Les données résumées dans le Tableau 1 permettent d'exploiter la formule du théorème de Bayes proposée dans la section 5.1. Pour commencer, la probabilité Pr(E) peut être calculée en appliquant l'équation donnée dans la note 68 :

$$\Pr(E) = 0.013 \times 0.111 + 0.013 \times 0.111 + 0.026 \times 0.111 + 0.045 \times 0.111 + 0.097 \times 0.111 + 0.135 \times 0.111 + 0.097 \times 0.111 + 0.090 \times 0.111 = 0.057.$$

[Rz 36] Ensuite, les probabilités *a posteriori* pour chaque âge considéré peuvent être obtenues via le théorème de Bayes. Ces probabilités sont présentées dans la troisième ligne du Tableau 1. A titre d'exemple, voici le développement du calcul pour l'âge de 20 ans :

$$\Pr(A|E) = \frac{\Pr(E|A) \times \Pr(A)}{\Pr(E)} = \frac{0.135 \times 0.111}{0.057} = 0.263$$

[Rz 37] Une fois connues les probabilités pour tous les âges d'intérêt, il est possible de les illustrer graphiquement par l'histogramme de la distribution des probabilités *a posteriori*, comme dans la Figure 3.

⁸² KREITNER et al., 1998, p. 1118, note 79.

[Rz 38]

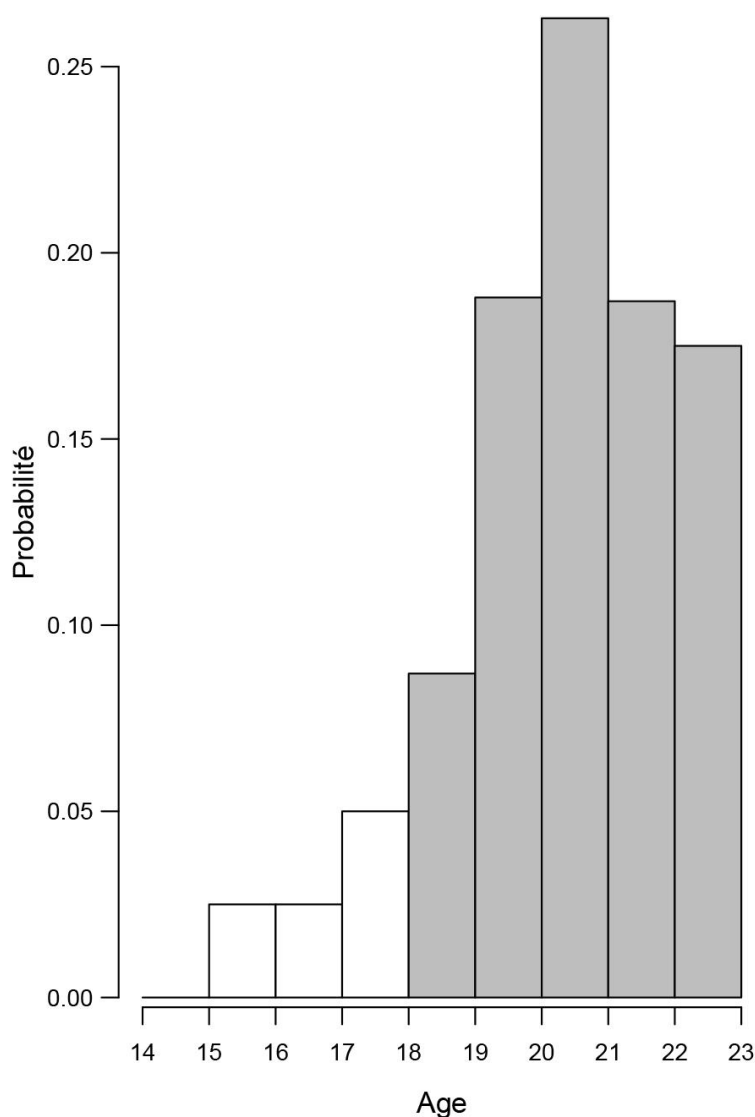


Figure 3 : Illustration de la distribution de probabilités a posteriori sur l'âge chronologique. La couleur blanche dans l'image indique les âges inférieurs à 18 ans, tandis que la couleur grise indique les âges supérieurs à ce seuil.

[Rz 39] Cette distribution permet de visualiser comment les probabilités *a posteriori* sur l'âge se distribuent dans l'intervalle considéré. De plus, ces probabilités peuvent être utilisées pour calculer la probabilité (*a posteriori*) que la personne soit plus jeune ou plus âgée que 18 ans, en additionnant les probabilités *a posteriori* pour tous les âges inférieurs à 18 ans, respectivement égaux et supérieurs à cette valeur. Les résultats sont illustrés dans la quatrième ligne du Tableau 1. En conclusion, les analyses montrent que, sur la base des observations faites sur la personne expertisée (état développemental C), l'âge le plus probable est de 20 ans et il y a une probabilité égale à 0.9 (ou 90%) que la personne soit âgée de plus de 18 ans.

[Rz 40] Enfin, à partir de la distribution des probabilités *a posteriori*, il est aussi possible d'obtenir l'âge minimal rationnel pour la personne. Cette information pourrait par exemple être obtenue

en considérant la limite inférieure d'un *intervalle de crédibilité* au 95%⁸³, qui serait, dans notre exemple, l'âge de 17 ans. Cela reviendrait à dire qu'il y a une probabilité de 0.95 (ou 95%) que la personne soit âgée de plus 17 ans. Les lignes directrices proposées par l'EASO⁸⁴, ainsi que d'autres dans la communauté scientifique⁸⁵, recommandent que cette information soit transmise à l'autorité. Son intérêt a également été reconnu par le Tribunal administratif fédéral⁸⁶.

5.3. Discussion critique

[Rz 41] Le scénario de la Section 5.2 est un exemple simplifié. Dans la pratique, les situations sont plus complexes. Tout d'abord, le processus de développement des attributs physiques étudiés contient un nombre plus élevé d'étapes⁸⁷. Ensuite, une expertise portant sur l'estimation de l'âge d'une personne devrait se baser sur l'examen de plusieurs attributs physiques, dans le but d'optimiser l'estimation et de limiter l'influence des facteurs affectant le développement (comme c'est le cas pour la méthodologie des trois piliers). Enfin, l'unité de mesure couramment considérée pour l'âge est le jour, ou à tout le moins une unité plus courte que les années. La formule du théorème de Bayes prenant en compte ces différents aspects est considérablement plus complexe que celle que nous avons présentée plus haut, et les opérations mathématiques nécessaires pour sa résolution, plus élaborées. Ceci dit, l'exemple mentionné plus haut est utile pour illustrer l'application pratique de l'approche bayésienne dans ce contexte. Toute l'incertitude engendrée par le raisonnement inférentiel est résumée dans la distribution de probabilités *a posteriori* (Figure 2), et elle peut être présentée de façon différenciée pour répondre à plusieurs questions : l'âge le plus probable, l'âge moyen, l'intervalle autour de l'âge moyen, l'âge minimal le plus probable, etc. La forme de la distribution elle-même renseigne quant à l'incertitude de l'estimation : une distribution plus étroite symbolise une incertitude réduite, alors qu'une distribution qui couvre un large intervalle démontre un haut degré d'incertitude autour de l'âge de la personne expertisée.

[Rz 42] Les résultats de l'expertise peuvent donc être représentés sous forme d'estimateur de l'âge (le plus probable) ou d'une probabilité associée à un intervalle d'âges. Dans tous les cas, l'expert ne se prononce pas formellement sur l'âge de la personne examinée. C'est à l'autorité qu'il revient ensuite de décider de l'âge de la personne, en s'appuyant sur les résultats de l'expertise, sur ses propres connaissances de l'affaire et sur tous les autres moyens de preuve à sa disposition : il s'agit de la troisième étape du processus global d'estimation de l'âge qui est résumée dans la Figure 2 (Section 3.2). Dans cette perspective, l'approche bayésienne offre un autre avantage : elle permet

⁸³ Un estimateur par intervalle consiste en un intervalle limitant les valeurs qui contiennent la vraie valeur de la quantité recherchée avec une probabilité connue. Dans une perspective bayésienne, ces intervalles sont connus comme intervalles de crédibilité. Par exemple, un intervalle de crédibilité de 0.95 dans le scénario évoqué plus haut se situe entre 17 et 22 ans : il y a une probabilité de 95% que l'âge réel de la personne se situe dans cet intervalle. Il est bien évidemment possible de choisir des intervalles à probabilité différentes, comme par exemple 0.99 (ou 99%).

⁸⁴ Cf. EASO, 2018, p. 40, note 3.

⁸⁵ Cf. SCHMELING et al., 2016, p. 47, note 17.

⁸⁶ Cf. par exemple Arrêt du Tribunal administratif fédéral A-3080/2016 du 26 janvier 2016, consid. 7.2.

⁸⁷ A titre d'exemple, la minéralisation dentaire, une des caractéristiques développementales de la dentition, est généralement décrite en huit à seize étapes, en fonctions du système appliqué ; l'atlas G&P mentionné plus haut est composé de 29 (femmes) et 31 (hommes) standards ; le développement de la clavicule est généralement évalué à travers des systèmes qui prévoient entre cinq et neuf étapes.

aux résultats d'expertise de s'intégrer logiquement dans un cadre décisionnel formel, connu sous le nom de « théorie bayésienne de la décision ».

6. Un cadre normatif pour la décision : la théorie bayésienne de la décision

6.1. Les principes théoriques

[Rz 43] La processus de décision suit chronologiquement le raisonnement inférentiel et consiste dans la deuxième étape de ce qui est appelé, en science forensique, l'interprétation de l'indice scientifique⁸⁸. Revenons brièvement au scénario discuté dans la section précédente. Supposons que l'autorité doive formellement décider si la personne expertisée est mineure ou majeure au sens de la loi suisse. Le résultat de l'expertise indique que, sur la base des indices scientifiques (et médicaux) évalués, il y a une probabilité de 0.90 (ou 90%) que la personne soit adulte. Est-ce que cette probabilité suffit pour que l'autorité retienne formellement que la personne est majeure ? Ou, plus généralement, quelle probabilité doit-on atteindre pour permettre à l'autorité de prendre sa décision ?

[Rz 44] CUNHA et ses collègues⁸⁹ rapportent les résultats d'une étude de 47 cas dans lesquels des juges ont dû décider si des migrants étaient majeurs ou mineurs sur la base d'une estimation de l'âge rendue sous forme de probabilité. Il est ressorti de cette étude que les juges déclaraient « se sentir en confiance » pour retenir qu'une personne était majeure si la probabilité qu'elle soit âgée de plus de 18 ans était supérieure à 0.70 (ou 70%)⁹⁰. Au-delà du sondage d'opinion, une approche empirico-statistique permettrait de déterminer le seuil minimisant les fausses classifications, c'est-à-dire le nombre de personnes âgées de plus de 18 ans classifiées (à tort) comme étant mineures et le nombre de personnes âgées de moins de 18 ans classifiées (à tort) comme majeures⁹¹. Néanmoins, chercher à établir une probabilité-seuil universelle présente à nos yeux plusieurs inconvénients. D'abord, on peut se demander si ce seuil doit être défini par le décideur sur la base de la loi et de ses propres connaissances, ou plutôt par le scientifique, à travers l'application de modèle statistiques. Ensuite, on peut s'interroger sur la pertinence de fixer un seuil unique et universel qui serait appliqué à tous les cas, plutôt que de laisser au décideur une certaine marge de manœuvre qui lui permet une appréciation individuelle au cas par cas. Une solution idéale serait d'adapter ce seuil à chaque cas de manière individuelle⁹², en fournissant à

⁸⁸ Sur ce sujet, cf. SIMONE GITTELSON, *Evolving from inferences to decisions in the interpretation of scientific evidence*, Ecole des Sciences Criminelles Université de Lausanne : Lausanne 2013.

⁸⁹ CUNHA et al., 2009, p. 9, note 17.

⁹⁰ Les juges interviewés se sont montrés plutôt favorables à l'expression des résultats sous forme de probabilités par rapport à une conclusion déterministe, parce que cette forme leur permettait, d'après eux, de mieux apprécier les risques d'une décision erronée.

⁹¹ Pour ce type d'étude, cf. à titre d'exemple FABIO CORRADI et al., *Optimal age classification of young individuals based on dental evidence in civil and criminal proceedings*, *International Journal of Legal Medicine* 127/2013, p. 1157 ss ; ROBERTO CAMERIERE et al., *The comparison between measurement of open apices of third molars and Demirjian stages to test chronological age of over 18 year olds in living subjects*, *International Journal of Legal Medicine* 122/2008, p. 493 ss..

⁹² Il faut souligner qu'une approche normative de la décision n'est pas toujours nécessaire : dans la vie de tous les jours, chaque individu prend des décisions sur la base de son savoir et de son intuition, sans que les probabilités en jeu et les conséquences d'une éventuelle erreur ne soient formalisés. Néanmoins, dans le cas de décisions qui peuvent avoir des effets très importants sur la vie d'autrui, une perspective normative de la décision peut être extrêmement utile pour assurer une prise de décision cohérente et transparente. Cf. pour le domaine forensique, ALEX

l'autorité des outils pour pondérer de façon cohérente les avantages et les inconvénients d'une décision donnée. Or, la théorie bayésienne de la décision, telle qu'appliquée aux sciences forensiques⁹³, permet précisément de faire cela : elle vise à quantifier en terme de perte (ou de gains⁹⁴) les conséquences de chaque décision possible par événement spécifique⁹⁵. Ces pertes (ou gains) sont ensuite pondérées par la probabilité de l'événement d'intérêt, ce qui permet d'aboutir à une valeur de perte (ou d'utilité) espérée ; la décision cohérente étant celle qui permet de minimiser (ou de maximiser) cette fonction de perte (ou de gain) espérée⁹⁶.

6.2. Exemple d'application

[Rz 45] Revenons au scénario évoqué dans la section 5.2 et à la question de savoir si la personne expertisée est majeure ou mineure au sens de la loi. Cette dernière question est l'événement d'intérêt dans le processus décisionnel. Notre expertise hypothétique avait permis de conclure qu'il y a une probabilité de 90% que la personne soit âgée de plus de 18 ans et donc une probabilité de 10% qu'elle soit âgée de moins de 18 ans. A ce stade du raisonnement, les décisions possibles pour l'autorité sont de retenir que la personne est majeure ou de la considérer comme mineure. Ces deux options peuvent aboutir à quatre conséquences :

1. la personne expertisée est déclarée mineure alors qu'elle est effectivement âgée de moins de 18 ans,
2. la personne expertisée est déclarée majeure alors qu'elle est effectivement âgée de plus de 18 ans,
3. la personne expertisée est déclarée mineure alors qu'elle âgée de plus de 18 ans, et
4. la personne expertisée est déclarée majeure alors qu'elle est âgée de moins de 18 ans.

Une déclaration correcte (conséquences 1 et 2) n'implique pas de pertes au sens de la théorie de la décision. En revanche, une déclaration erronée peut engendrer des pertes importantes : si la personne expertisée est considérée comme majeure alors qu'elle est en réalité âgée de moins de 18 ans (conséquence 4), les conséquences peuvent être graves puisque les droits qui lui sont reconnus seront très différents des droits reconnus à un migrant mineur. Dans notre perspec-

BIEDERMANN/SILVIA BOZZA ET FRANCO TARONI, *Analysing and exemplifying forensic conclusion criteria in terms of bayesian decision theory*, Science & Justice 58/2017, p. 159 ss.

⁹³ Cf. à titre d'exemple GITTELSON, 2013, note 88 ou BIEDERMANN et al., 2017, note 92 ; A. BIEDERMANN et al., *The consequences of understanding expert probability reporting as a decision*, Science & Justice 57/2017, p. 80 ss ; A. BIEDERMANN/S. BOZZA ET F. TARONI, *Decision theoretic properties of forensic identification : Underlying logic and argumentative implications*, Forensic Science International 177/2008, p. 120 ss..

⁹⁴ Les pertes et les gains tels qu'envisagés par la théorie de la décision peuvent être économiques, mais pas seulement. Dans le domaine du droit de la migration, les pertes et les gains associés à la décision comprendront les droits reconnus à la personne migrante, et le bien-être matériel et immatériel découlant de la décision prise, respectivement les inconvénients engendrés par une décision défavorable.

⁹⁵ Dans le domaine des migrations, la méthode permettrait à l'autorité de prendre une décision rationnelle à partir des informations à disposition, soit la probabilité que la personne expertisée soit âgée de plus ou de moins de 18 ans, et les bénéfices et les inconvénients encourus par la personne examinée, mais aussi par l'Etat et la société suisses, en cas de décision correcte (déclarer comme majeure une personne majeure, mineure une personne mineure), respectivement en cas de décision erronée (déclarer comme majeure une personne mineure, ou inversement).

⁹⁶ Cf. LINDLEY, 2006, p.158 ss., note 59.

tive, il s'agit de la perte la plus grave lorsqu'il est question de décisions erronées⁹⁷. D'un autre côté, considérer une personne âgée de plus de 18 ans comme étant mineure (conséquence 3) est favorable à cette personne, mais pourra engendrer des coûts supplémentaires pour l'Etat. Cette configuration engendre donc aussi des pertes, mais que nous pouvons considérer comme moins importantes que les pertes associées à la conséquence 4 précédemment évoquée. Supposons que nous voulions quantifier ces pertes sur une échelle de valeurs allant de 0 à 1⁹⁸, où 0 est la valeur associée à l'absence de perte (et donc aux décisions correctes, à savoir les situations 1 et 2) et la valeur 1 représente la perte la plus grande envisageable dans notre contexte. Dans notre cas, la perte associée à la décision de déclarer la personne comme étant majeure alors qu'elle ne l'est pas (conséquence 4) sera donc égale à 1. L'autre perte possible, si une personne est considérée comme mineure alors qu'elle a en réalité plus de 18 ans, peut être quantifiée par rapport aux valeurs extrêmes⁹⁹. Retenons, à titre illustratif, une valeur de 0.5. Le Tableau 3 ci-dessous résume les décisions, les événements, et la quantification des conséquences (intersections entre les décisions et les événements) par des valeurs de perte.

[Rz 46]

	Réalité : L'individu est	âgé de moins de 18 ans	âgé de plus de 18 ans
Décision :	Déclaré majeur	1	0
	Déclaré mineur	0	0.50

Tableau 3 : Quantification des pertes engendrées par les conséquences des deux décisions envisageables, c'est-à-dire considérer la personne expertisée comme étant majeure (ou mineure) au sens de la loi, alors qu'elle est en réalité âgée de moins (ou plus) de 18 ans. La valeur de 1 représente la perte maximale, la valeur de 0 la perte minimale.

[Rz 47] La théorie bayésienne de la décision prévoit de combiner les quantifications des pertes engendrées par les conséquences attendues et les probabilités associées aux événements d'intérêt, afin d'obtenir les *pertes espérées* (ci-après : PE) associées à chaque décision possible. Ainsi, la PE pour la décision de déclarer la personne comme étant majeure est égale à la perte engendrée par une déclaration correcte (0) multipliée par la probabilité que la personne soit âgée de plus de 18 ans (0.90), plus la perte engendrée par le fait de déclarer comme majeure une personne en réalité âgée de moins de 18 ans (1) multipliée par la probabilité que la personne soit effectivement âgée de moins de 18 ans (0.10). En termes mathématiques, cela s'exprime de la façon suivante :

$$PE (majeure) = 0 \text{ CE } 0.90 + 1 \text{ CE } 0.10 = 0.10$$

De façon analogue, pour la décision de déclarer la personne mineure, la PE est :

⁹⁷ Cf. par exemple P.M. GARAMENDI et al., Reliability of the methods applied to assess age minority in living subjects around 18 years old. A survey on a moroccan origin population, Forensic Science International 154/2005, p. 3 ss., p. 10. Pour reprendre ces auteurs, les deux types d'erreurs sont inacceptables d'un point de vue technique, mais le fait de se tromper en défaveur de la personne est pire d'un point de vue éthique.

⁹⁸ A noter que d'autres stratégies pour la quantification de la perte existent aussi ; il est notamment possible de les définir en termes de coûts ou dépenses, cf. DAPHNE KOLLER et NIR FRIEDMAN, Probabilistic graphical models. Principles and techniques, The MIT Press : Londres, 2009, p. 1066 ss..

⁹⁹ Des techniques de quantification existent. Le lecteur intéressé est renvoyé à LINDLEY, 2006, p. 163 ss., note 59 ou KOLLER et al., 2009, p. 1066 ss., note 98.

$$PE (mineure) = 0 \text{ € } 0.10 + 0.50 \text{ € } 0.90 = 0.45$$

[Rz 48] Selon la théorie normative de la décision, il serait donc cohérent de prendre la décision qui minimise la PE, soit, dans ce cas, déclarer la personne comme étant majeure au sens de la loi¹⁰⁰. L'avantage de cette démarche est que le décideur définit ses propres valeurs en termes de pertes en fonction de ses objectifs. Dans certains cas, le décideur peut ainsi juger que l'intérêt individuel doit primer l'intérêt public et donc assigner une valeur plus basse à la perte associée au fait de déclarer la personne mineure alors qu'elle est majeure. La littérature scientifique contient également des outils permettant d'évaluer l'influence de la quantification personnelle des pertes sur la décision ; on parle généralement d'analyses de sensibilité¹⁰¹. Encore une fois, nous avons utilisé un exemple simplifié à l'extrême ; néanmoins, il permet d'illustrer les principes et les propriétés d'une approche logique de la décision qui peut offrir un support au décideur dans le cadre de l'estimation forensique de l'âge d'un migrant.

7. De la pratique de l'estimation forensique de l'âge : perspectives critiques.

[Rz 49] Au-delà de l'incertitude associée aux résultats, la pratique actuelle en matière d'estimation forensique de l'âge a été critiquée sur plusieurs autres aspects, notamment les méthodes d'estimation appliquées et les populations de référence employées pour collecter les données de référence.

7.1. Les méthodes d'estimation actuellement utilisées

[Rz 50] Un des reproches les plus importants fait à la pratique actuelle en matière d'estimation de l'âge des requérants d'asile a trait à l'applicabilité des méthodes médicales dans un contexte forensique. Néanmoins, il ne serait pas justifié d'exclure totalement ces méthodes. En effet, les méthodes développées dans une perspective médicale incluent généralement des systèmes ou des classifications permettant d'établir l'état développemental atteint pour l'attribut physique analysé. Ceci constitue une étape fondamentale dans la perspective forensique, comme illustré dans le diagramme de la Figure 2 (première étape), puisque l'inférence inductive débute par une telle observation. Ainsi, l'atlas G&P n'est peut-être pas adapté pour l'estimation forensique de l'âge, mais les clichés qu'il contient peuvent sans autre être exploités pour l'évaluation de l'état développemental ponctuel du squelette de la main d'une personne. De même, la méthode de DEMIRJIAN¹⁰² pour l'évaluation de l'âge dentaire ne peut pas être employée directement pour l'estimation de l'âge chronologique, mais la classification en huit stades permet d'évaluer, dans un cadre cohérent, l'état de minéralisation de la dentition, et donc l'état développemental du système dentaire. Et ainsi de suite pour une multitude d'autres méthodes développées dans une perspective médicale.

¹⁰⁰ La valeur *PE (majeure)* étant inférieure à la valeur de *PE (mineure)*, cela signifie que la perte espérée sera moindre si cette décision est prise, plutôt que la décision opposée.

¹⁰¹ Cf. à titre d'exemple GITTELSON, 2013, note 88.

¹⁰² Cf. note 30.

[Rz 51] Cependant, il est important de souligner que ces méthodes ne sont applicables que dans la première étape (descriptive) du processus d'estimation forensique de l'âge (Figure 2). Les données récoltées doivent encore être évaluées, et, dans cette optique, l'approche bayésienne présente des avantages importants par rapport aux méthodes statistiques empruntées au monde médical, car elle offre une structure uniforme pour l'évaluation de n'importe quel type d'indice récolté et pour gérer avec cohérence l'incertitude engendrée par l'inférence. Ainsi, l'attribut physique imaginé dans le scénario proposé dans la section 5 pourrait être issu du système squelettique plutôt que dentaire et la même méthode pourrait être appliquée sans aucun changement¹⁰³. De plus, même si la complexité des calculs effectués augmente alors, l'approche bayésienne peut sans autre être employée pour une évaluation multifactorielle, c'est-à-dire portant sur des indices développementaux multiples issus de différents attributs physiques¹⁰⁴.

7.2. Les données de référence à utiliser

[Rz 52] La pertinence des données de référence employées dans les procédures d'estimation de l'âge a souvent été remise en question. Ces données sont généralement récoltées auprès de populations d'origine ethnique et/ou de condition socio-économiques différentes de celles des requérants d'asile. Il en découle que leur utilisation pourrait mener à des estimations erronées¹⁰⁵. Toutefois, plusieurs études suggèrent que le développement squelettique est plus affecté par les conditions socio-économiques d'une personne que par son origine ethnique¹⁰⁶. En outre, comme des conditions socio-économiques moins favorables tendent à retarder le développement du squelette, le fait de se baser sur des données collectées dans une population aux conditions de vie plus favorables se traduit généralement par une sous-estimation de l'âge. Le processus tend donc à être favorable à la personne examinée si elle provient d'une telle population¹⁰⁷. A l'inverse, le développement de la dentition¹⁰⁸ et des caractéristiques externes¹⁰⁹ semble être plus affecté par

¹⁰³ En effet, la littérature contient des exemples relatifs aux systèmes dentaire (cf. par exemple PATRICK THEVISSSEN/STEFFEN. FIEUWS ET GUY WILLEMS, Human dental age estimation using third molar developmental stages : Does a bayesian approach outperform regression models to discriminate between juveniles and adults ?, *International Journal of Legal Medicine* 124/2010, p. 35 ss.) ou squelettique (cf. par exemple PAULINE SAINT-MARTIN et al., Age estimation by magnetic resonance imaging of the distal tibial epiphysis and the calcaneum, *International Journal of Legal Medicine* 127/2013, p. 1023 ss.).

¹⁰⁴ A noter que cette dernière possibilité constitue la méthode d'évaluation idéale, nettement meilleure qu'un résumé des résultats individuels obtenus pour chaque attribut physique examiné.

¹⁰⁵ Ce décalage entre les populations ayant servi à récolter les données et les personnes à qui elles sont appliquées dans les procédures actuelles a deux causes principales : tout d'abord, ces données étaient à l'origine récoltées dans un but médical, pour traiter des populations occidentales. Deuxièmement, la structure d'une base de données de référence doit respecter certaines conditions minimales (voir les recommandations de l'AGFAD, résumé par SCHMELING et al., 2008, p. 458, note 20) et la collecte de ce type de données est une entreprise complexe et onéreuse, qui serait rendue encore plus difficile si elle devait porter sur des populations en situation de précarité.

¹⁰⁶ Cf. ANDREAS SCHMELING et al., Effects of ethnicity on skeletal maturation : Consequences for forensic age estimations, *International Journal of Legal Medicine* 113/2000, p. 253 ss.

¹⁰⁷ Cf. SCHMELING et al., 2000, p. 257, note 106.

¹⁰⁸ Cf. ANDREAS OLZE et al., Forensic age estimation in living subjects : The ethnic factor in wisdom tooth mineralization, *International Journal of Legal Medicine* 118/2004, p. 170 ss.

¹⁰⁹ Cf. ANIL AGRAWAL et al., External soft tissue indicators of age from birth to adulthood, in : Sue Black, Anil Aggrawal and Jason Payne-James (éds.), *Age estimation in the living : The practitioner's guide*. John Wiley & Sons : Hoboken 2010, p. 150 ss.

l'origine ethnique de la personne que par le milieu socio-économique dans lequel elle vit, bien que des conditions environnementales aient aussi une certaine influence¹¹⁰.

[Rz 53] Idéalement, l'âge chronologique d'une personne serait estimé sur la base de données de référence collectées auprès d'une population ayant des caractéristiques ethniques et socio-économiques comparables avec les siennes¹¹¹. A noter que ces facteurs d'influence¹¹² n'affectent pas le processus développemental en soi, qui se maintient en étapes ordonnées établies et connues, mais plutôt sa chronologie ; la question de la pertinence des données de référence par rapport à la personne examinée affecte donc la deuxième étape du processus d'estimation forensique (Figure 2), soit l'inférence. Dans la perspective bayésienne, ces données sont employées pour l'assignation de la fonction de vraisemblance (voir section 5.2) et la méthodologie est donc indépendante des données. Autrement dit, l'approche bayésienne offre un cadre logique pour l'inférence, indépendamment de l'indice scientifique considéré et des données de référence disponibles. Enfin, l'exemple cité plus haut a montré que les données ne sont pas les seuls éléments qui doivent être considérés pour l'inférence : les connaissances préalables et l'expérience de l'expert, formalisés par le biais des probabilités *a priori*, jouent un rôle important. Cela signifie que la capacité de l'expert à juger *a priori* de l'âge de la personne examinée, indépendamment des données de référence, peut permettre d'équilibrer en quelque sorte l'influence de données potentiellement peu adaptées pour l'évaluation du cas d'espèce¹¹³.

7.3. Les examens à effectuer

[Rz 54] Au-delà de la problématique liée à l'irradiation, pour des raisons non-médicales, de la personne examinée (examens par rayons X)¹¹⁴, le type d'examens auxquels les requérants d'asile sont soumis a aussi été remis en question. Notamment, le caractère invasif de certains examens a été critiqué, surtout lorsqu'y sont soumises des personnes ayant déjà subi des traumatismes phy-

¹¹⁰ ANDREAS SCHMELING et al., Forensic age estimation and ethnicity, *Legal Medicine* 7/2005, p. 134 ss.

¹¹¹ Ce qui nécessiterait de disposer de bases de données contenant un large éventail de populations différentes, tant au niveau ethnique que socio-économique. En particulier, ces bases de données devraient contenir des données collectées auprès de populations ou de groupes de personnes concernées par les phénomènes de migration. Cependant, la collecte de données fiables pour ces populations est extrêmement difficile, faute de ressources et d'instrumentations adéquates. Des solutions ont été proposées dans la littérature forensique, preuve que la problématique n'est pas négligée, mais d'autres pistes peuvent encore être explorées (une solution possible étant de simuler des données de référence en créant des modèles de simulation spécifiques prenant en compte tous les facteurs d'influence).

¹¹² Notamment origine ethnique, conditions socio-économiques, autres facteurs environnementaux, sexe, etc.

¹¹³ En outre, il serait toujours possible pour l'expert de « corriger » la fonction de vraisemblance, toujours sur la base de son expertise. Cette possibilité est aussi envisagée dans les lignes directrices pour l'évaluation de l'indice scientifique proposées par le *European Network of Forensic Science Institutes*, au terme desquelles : « [...]when there are insufficient data, the likelihood ratio approach provides the practitioner with a framework for structured and logical reasoning based on his experience, as long as he can explain the grounds for his opinion together with his degree of understanding of the particular trace type [...] ». Cf. EUROPEAN NETWORK OF FORENSIC SCIENTIFIC INSTITUTES (ENFSI), ENFSI guideline for evaluative reporting in forensic science : Strengthening the evaluation of forensic results across Europe 2015, disponible à l'adresse : <http://enfsi.eu/news/enfsi-guideline-evaluative-reporting-forensic-science/>, consulté le : 6 avril 2017, p. 11.

¹¹⁴ Le lecteur intéressé est renvoyé vers les publications suivantes : EASO, 2018, note 3 ; Schmeling et al., 2016, note 34 ; MARTINA FOCARDI et al., Age estimation for forensic purposes in Italy : Ethical issues, *International Journal of Legal Medicine* 128/2014, p. 515 ss., note 10 ; PATRICK THEVISSSEN et al., Ethics in age estimation of unaccompanied minors, *Journal of Forensic Odonto-Stomatology* 30/2012, p. 85 ss., note 10 ; ALBERT AYNSLEY-GREEN et al., Medical, statistical, ethical and human rights considerations in the assessment of age in children and young people subject to immigration control, *British Medical Bulletin* 102/2012, p. 17 ss ; ALBERT AYNSLEY-GREEN, Unethical age assessment, *British Dental Journal* 206/2009, p. 337 ss.

siques et psychologiques importants. A cet égard, le EASO¹¹⁵ a proposé un protocole en quatre étapes établissant l'ordre et le type d'examens à effectuer¹¹⁶; chaque étape comprend des examens dont le caractère invasif, mais aussi la précision et le pouvoir informatif, augmentent. Toutefois, les examens doivent s'arrêter dès que les données récoltées permettent de formuler une estimation de l'âge de la personne examinée. Du point de vue de l'évaluation des données récoltées, l'approche bayésienne est d'ailleurs idéale lorsque l'on adopte une perspective « séquentielle », comme dans le protocole proposé par le EASO. En effet, les probabilités *a posteriori* issues de chaque étape peuvent être utilisées comme probabilités *a priori* pour l'évaluation des données collectées dans l'étape suivante.

8. Discussion

[Rz 55] La problématique de l'estimation de l'âge des requérants d'asile (et d'autres groupes de personnes) est une thématique controversée aux enjeux sociaux, économiques et politiques importants. La scientificité des procédures d'estimation de l'âge de ces personnes est souvent remise en cause : les méthodes appliquées sont souvent jugées inadéquates en regard de l'objectif visé et au vu de l'absence de certitude quant au résultat. Nous avons tenté de démontrer, dans le présent article, pourquoi ces critiques se fondent, selon nous, sur des incompréhensions de fond. L'estimation de l'âge des requérants d'asile est une discipline forensique et doit être abordée comme telle. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si ce sont les instituts de médecine légale qui se chargent généralement de cette tâche, plutôt que les hôpitaux. La littérature forensique a abordé plusieurs aspects problématiques des procédures d'estimation de l'âge, telles que l'irradiation des personnes suite à des procédures de radiographie dépourvue de but médical¹¹⁷ ou la pertinence des données de référence utilisées¹¹⁸. Des solutions doivent être trouvées en tenant compte des besoins juridiques aussi bien que des aspects sociaux¹¹⁹.

[Rz 56] Cependant, tout processus scientifique comprend une part incompressible d'incertitude. La recherche de certitude est donc un leurre. L'incertitude fait partie du processus d'estimation

¹¹⁵ Cf. EASO, 2018, p. 44, note 3.

¹¹⁶ Le protocole prévoit tout d'abord l'analyse des documents fournis par la personne et une évaluation de ses déclarations. Si aucun résultat concluant ne peut être formulé à l'issue de cette première étape, on procède à un entretien et à une évaluation psychologique. Sans résultat probant à ce stade, on procède à des examens médicaux sans irradiations, notamment l'évaluation de la dentition, des examens par IRM et un examen physique sommaire. Finalement, si ces données sont toujours insuffisantes, des examens irradiants sont admis, notamment l'examen par rayon X de la dentition et du squelette du poignet, de la main et de la clavicule. A noter que ce protocole est en principe compatible avec les recommandations de l'AGFAD.

¹¹⁷ Cf. section 7.3.

¹¹⁸ Cf. section 7.2.

¹¹⁹ A titre d'exemple, plusieurs études se focalisent sur l'utilisation de méthodes d'imagerie médicale non ionisantes, tels que les ultrasons ou la résonance magnétique nucléaire, pour l'observation des indicateurs du développement internes au corps humain. Ces méthodes sont prometteuses et permettent théoriquement d'observer les mêmes caractéristiques physiques que les méthodes d'imagerie traditionnelle. Il a cependant été observé que, pour permettre une identification de l'état développemental pour un attribut physique spécifique, il est nécessaire d'utiliser des clichés de référence produits par la même méthode d'imagerie, afin de pouvoir apprécier les caractéristiques de l'image potentiellement influencées par la méthode de capture. De plus, à l'heure actuelle, il manque des standardisations pour une application uniforme dans le domaine forensique, ce qui augmente le risque que ce qui est effectivement observé (et donc l'identification de l'état développemental) dépende de l'observateur (problématique du biais cognitif). EASO, 2018, p. 52–55, note 3 et ANDREAS SCHMELING et al., Forensic age estimation in unaccompanied minors and young living adults, in : Duarte Nuno Vieira (éd.), Forensic medicine - from old problems to new challenges. InTech : Rijeka 2011, p. 77 ss..

de l'âge ; l'inférence sur l'estimation de l'âge se base sur une information partielle et incomplète par nature, et elle se construit sur l'analyse de la relation entre cette information incomplète et le résultat recherché, c'est-à-dire l'âge chronologique. Mais cette relation entre âge biologique et âge chronologique n'est pas directe et linéaire ; elle varie sous l'effet de facteurs génétiques, environnementaux et par la variation naturelle entre individus. De plus, elle est saisie par des modèles mathématico-statistiques qui ne représentent pas la réalité en tant que telle, mais la modélisent. Il faut chercher à limiter ces incertitudes, afin d'obtenir des résultats exploitables d'un point de vue juridique. Comme nous l'avons vu, la théorie des probabilités, et en particulier l'approche bayésienne, offre des outils pour gérer cette incertitude.

[Rz 57] L'approche bayésienne est désormais reconnue par la communauté forensique comme offrant un cadre optimal pour l'évaluation et l'interprétation de l'indice scientifique ; des lignes directrices récemment proposées par le *European Network of Forensic Science Institutes* (ENFSI) encouragent les experts forensiques européens à adopter une telle perspective¹²⁰. Finalement, cette approche semble également offrir certains avantages en matière de droit à un procès équitable au sens de l'article 6 de la Convention de sauvegarde des droits de l'homme et des libertés fondamentales (CEDH)¹²¹.

9. Conclusion

[Rz 58] Le choix de recourir à une méthode scientifique (médicale) pour l'estimation de l'âge des requérants d'asile dépend d'une multitude de considérations. Sur le plan éthique, il faut se demander s'il est acceptable de soumettre des personnes ayant souvent vécu des situations traumatiques à des examens potentiellement invasifs pour des raisons autres que thérapeutiques. A un niveau économique, la question se pose de savoir si le coût des analyses visant à déterminer si une personne est effectivement majeure au sens de la loi se justifie en regard de l'intérêt public. Finalement, les acteurs sociaux et politiques qui autorisent une certaine méthode pour l'estimation basée sur des examens médicaux doivent évaluer les éventuelles réactions de la communauté nationale et internationale vis-à-vis d'une thématique plutôt controversée. Il ne faut toutefois pas renoncer à appliquer certaines méthodes d'estimation de l'âge sous prétexte qu'elles n'offriraient pas de certitude quant aux résultats.

[Rz 59] D'un point de vue scientifique, nous sommes d'avis que la meilleure méthodologie est celle dites des « trois piliers », proposée par l'AGFAD¹²² et la FASE¹²³. En effet, elle assure la récolte d'une quantité suffisante de données pour permettre à l'expert de procéder à une appréciation globale de tous les indices disponibles. Son application selon le protocole proposé par le EASO¹²⁴ est aussi envisageable, bien qu'elle nécessite des ressources supplémentaires non négligeables pour le mandant. Des études récentes suggèrent que cette méthodologie permet d'obtenir

¹²⁰ Cf. ENFSI, 2015, note 113. Pour une introduction en français, cf. LAURENT MOREILLON/JOËLLE VUILLE ET CHRISTOPHE CHAMPOD, Les nouvelles lignes directrices du European Network of Forensic Sciences Institutes en matière d'évaluation et de communication des résultats d'analyses et d'expertises scientifiques, *forum* 02/2017, p. 105 ss.

¹²¹ Cf. JOËLLE VUILLE/LUCA LUPÀRIA ET FRANCO TARONI, Scientific evidence and the right to a fair trial under article 6 ECHR, *Law, Probability and Risk* 16/2017, p. 55 ss..

¹²² Cf. SCHMELING et al., 2008, 20.

¹²³ Cf. CUNHA et al., 2009, note 17.

¹²⁴ Cf. EASO, 2018, note 3.

un degré d'incertitude proche de +/- 12 mois¹²⁵ par rapport à l'âge réel de la personne examinée. A notre sens, compte tenu de la nature partielle des indices développementaux, ainsi que de la variabilité biologique des processus de maturation, humains, il s'agit d'une incertitude raisonnable. Des améliorations pourraient encore être apportées, par exemple en employant des données de référence plus spécifiques à la personne expertisée, ou encore en intégrant de façon normative tout autre renseignement disponible. Néanmoins, il est peu vraisemblable que l'incertitude liée à l'estimation de l'âge puisse être réduite de façon substantielle à l'avenir. A cet égard, la nécessité d'une approche normative de la décision devient, à notre avis, encore plus claire, car cette dernière permettrait non seulement au décideur de pondérer toutes les conséquences de sa décision dans un cadre de pensée cohérent, mais aussi d'offrir un cadre de décision uniforme à toutes les autorités concernées, garantissant ainsi une application uniforme de la loi.

EMANUELE SIRONI est titulaire d'un Bachelor (2007) et d'un Master (2009) en sciences forensiques obtenus à l'Ecole des sciences criminelles de l'Université de Lausanne. Il est actuellement docteurant dans cette même Ecole, tout en étant employé au Secrétariat d'Etat aux Migrations (dans un domaine autre que l'estimation de l'âge des migrants).

JOËLLE VUILLE est titulaire d'une licence en droit et d'un doctorat en criminologie obtenu à l'Université de Lausanne en 2011. Elle est actuellement chercheure à l'Ecole des sciences criminelles de l'Université de Lausanne.

FRANCO TARONI est professeur ordinaire à l'Université de Lausanne, où il enseigne la statistique forensique. Il est l'auteur de plusieurs monographies traitant de l'utilisation des probabilités et de la théorie de la décision dans le domaine juridique.

¹²⁵ Cf. ANDREAS SCHMELING et al., Statistical analysis and verification of forensic age estimation of living persons in the institute of legal medicine of the berlin university hospital charite, Legal Medicine 5/2003, p. S367 ss., p. S369.