

Trabéculoplasties

Trabeculoplasties

V. Fortoul, P. Denis

Mots-clés :

Glaucome primitif à angle ouvert
Trabéculoplastie sélective au laser
Trabéculoplastie laser argon
Trabéculum
Angle iridocornéen
Traitement hypotonisant

Keywords:

Primary open-angle glaucoma
Selective laser trabeculoplasty
Argon laser trabeculoplasty
Trabeculum
Iridocorneal angle
Hypotonizing treatment

L'objectif des différentes modalités thérapeutiques existantes dans la prise en charge actuelle du glaucome est de réduire la pression intraoculaire (PIO). Différentes techniques de trabéculoplastie au laser existent et représentent aujourd'hui une alternative thérapeutique intéressante. Généralement, les trabéculoplasties au laser sont proposées en complément ou en substitution d'un traitement médical peu efficace, mal toléré ou peu suivi de façon régulière. Elles peuvent, de la même façon, être proposées en première intention pour des patients peu observants ou présentant une contre-indication à un traitement médical hypotonisant. Cela permet souvent d'éviter ou de retarder l'échéance de la chirurgie filtrante du glaucome. La trabéculoplastie au laser est une technique dont l'efficacité et la bonne tolérance ont été démontrées dans de nombreuses études depuis bientôt 30 ans pour le laser à l'argon et 20 ans pour le laser sélectif. La place précise de la trabéculoplastie au laser dans la stratégie thérapeutique globale du glaucome à angle ouvert ne fait pas l'objet de consensus mais il est aujourd'hui admis de proposer cette thérapeutique soit en première intention en alternative crédible au traitement médical, soit en complément d'un traitement médical hypotonisant ou d'une chirurgie filtrante classique.

© 2016 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

The aim of the various therapeutic modalities existing in the current management of glaucoma is to reduce intraocular pressure (IOP). Different techniques of laser trabeculoplasty exist today and represent an interesting therapeutic alternative. Usually, laser trabeculoplasty is offered in addition to or instead of an ineffective, poorly tolerated or not regularly followed medical treatment. Likewise, it can be proposed, in first intention, to low-adherent patients or to patients with a contra-indication to hypotonizing medical treatment. This often helps to avoid or delay a glaucoma filtering surgery. Laser trabeculoplasty is a technique whose efficacy and tolerability have been demonstrated in numerous studies for almost 30 years for the argon laser, and almost 20 years for selective laser. There is no consensus on the place of laser trabeculoplasty within the global therapeutic management of open-angle glaucoma; however, it is now accepted to offer this therapy either in a first-line treatment, as a credible alternative to medical treatment, or to complement a hypotonizing medical treatment or a conventional filtering surgery.

© 2016 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Plan

■ Introduction	1
■ Trabéculoplastie au laser	1
Trabéculoplastie au laser argon	2
Trabéculoplastie sélective au laser	3
Comparaison entre trabéculoplastie au laser argon et trabéculoplastie sélective au laser	4
Facteurs influençant l'efficacité d'une trabéculoplastie au laser	5
Notions de coût-efficacité d'une trabéculoplastie au laser	5
Autres trabéculoplasties	5
■ Conclusion	5

■ Introduction

L'objectif des différentes modalités thérapeutiques existantes dans la prise en charge actuelle du glaucome est de réduire la pression intraoculaire (PIO). Il est classique de proposer un traitement médical en première intention, et d'envisager un geste chirurgical pour les formes sévères ou difficiles à contrôler. Cependant, les différentes techniques de trabéculoplastie au laser représentent aujourd'hui une alternative thérapeutique intéressante. Généralement, les trabéculoplasties au laser sont proposées en complément ou en substitution d'un traitement médical peu efficace, mal toléré ou peu suivi de façon régulière. Elles peuvent être de la même façon proposées en première intention pour des patients peu observants ou présentant une contre-indication à un traitement médical hypotonisant. Cela permet souvent d'éviter ou de retarder l'échéance de la chirurgie filtrante du glaucome. Différentes méthodes de trabéculoplasties au laser sont abordées dans ce chapitre.

■ Trabéculoplastie au laser

Les premières expériences utilisant un laser orienté sur le trabéculum pour traiter l'hypertonie intraoculaire ont été rapportées par Krasnov^[1] et Hager^[2] au début des années 1970. Il s'agissait de laser Q-switched ruby ou de laser à l'argon en mode continu. Cependant, le premier abaissement pressionnel durable avec un laser à l'argon a été rapporté en 1973 chez le singe par Worthen et Wickham^[3]. La véritable technique de trabéculoplastie au laser à l'argon (*argon laser trabeculoplasty* [ALT]) pour le glaucome primitif à angle ouvert (GPAO) a été mise en œuvre par les travaux de Wise^[4,5] avec des résultats efficaces et soutenus. Le développement des techniques de lasers micropulsés a permis l'essor de nouvelles méthodes de trabéculoplasties au laser permettant de produire moins d'altérations tissulaires grâce à des rafales d'impact de très courte durée par rapport au laser ALT. Dès 1983, Anderson et Parrish^[6] remarquent qu'il est possible d'irradier de façon sélective les structures pigmentées d'un tissu biologique, en épargnant les tissus de voisinage. Les premiers travaux in vitro de Latina et Park en 1995^[7] démontrent qu'il est possible de focaliser de façon sélective un laser micropulsé sur les cellules trabéculaires sans endommager les tissus sains à proximité. Leurs travaux constituent la base de la technique de trabéculoplastie sélective au laser (*selective laser trabeculoplasty* [SLT]) que l'on connaît aujourd'hui. Des études cliniques étudiant l'efficacité de cette méthode sélective par rapport à la technique de référence à l'argon et la très bonne tolérance du laser SLT ont permis un essor rapide depuis 1995, surtout depuis l'approbation du laser SLT dans la prise en charge du GPAO par la Food and Drug Administration (FDA) en 2002. D'autres méthodes de trabéculoplastie au laser, peu utilisées en pratique clinique courante et encore à l'état d'expérimentation, sont décrites dans ce chapitre.

“ Point fort

Indications et contre-indications de la trabéculoplastie au laser

- Indications :
 - glaucome à angle ouvert (dont le glaucome pigmentaire et pseudoexfoliatif) ;
 - sujet plutôt âgé supérieur à 55 à 60 ans ;
 - inefficacité ou intolérance d'un traitement médicamenteux hypotonisant ;
 - traitement complémentaire avant ou après une chirurgie filtrante.
- Contre-indications :
 - angle iridocornéen fermé ;
 - synéchies iridocristalliniennes ;
 - sujet jeune (hormis le glaucome pigmentaire).

Trabéculoplastie au laser argon

Principe et mécanisme d'action

Il s'agit d'un traitement physique de l'angle iridocornéen utilisant un laser à l'argon fonctionnant en mode continu. La longueur d'onde de ce faisceau laser émet dans le spectre bleu-vert entre 488 et 514 nm. Le mécanisme d'action précis de ce laser n'est pas encore complètement élucidé. Il semblerait exister plusieurs mécanismes d'action concomitants (mécanique, cellulaire et biochimique) mais exprimés à des degrés différents selon la nature du laser utilisée.

Théorie mécanique

Wise^[8] a rapporté la survenue d'une nécrose de coagulation des tissus traités par le laser ALT. Le trabéculum étant organisé sous forme de lamelles tissulaires avec une disposition grillagée, l'échauffement produit par les impacts de laser entraînerait une contraction des piliers trabéculaires et donc un élargissement des espaces intertrabéculaires ; cela faciliterait l'écoulement de l'humeur aqueuse et permettrait alors une réduction de la PIO^[9,10]. C'est ce mécanisme qui a permis à certains auteurs de parler aussi de trabéculorétraction plutôt que de trabéculoplastie^[11]. Van Buskirk et al.^[10] ont aussi proposé deux autres mécanismes d'action possibles de la trabéculoplastie au laser ALT en plus de la théorie mécanique. Des mécanismes cellulaires et biochimiques interviendraient couramment dans le processus de réduction de la PIO.

Théorie cellulaire

Plusieurs travaux ont montré que le laser ALT entraîne une augmentation de la division cellulaire au niveau du trabéculum seulement 24 à 48 heures après réalisation du traitement^[12-15]. Ces études ont été effectuées chez l'animal et aussi chez l'homme in vitro. Environ deux semaines après une trabéculoplastie au laser ALT, il existe une prolifération et une migration cellulaire vers les points cicatriciels traités où des cellules ont été détruites. Cette nouvelle colonisation cellulaire permet de restaurer, d'une part, une fonction cellulaire trabéculaire en produisant une matrice extracellulaire et un recrutement de macrophages permettant une phagocytose au sein de la maille trabéculaire et, d'autre part, de rétablir un flux d'excrétion d'humeur aqueuse et une réduction de la PIO^[10]. En revanche, certains auteurs ont montré que l'induction d'une prolifération cellulaire au sein du trabéculum pouvait entraîner paradoxalement une élévation de la PIO ; cela résulterait d'une prolifération cellulaire anarchique formant une membrane fibreuse pouvant obstruer le trabéculum^[9,16,17]. Ces constatations peuvent permettre d'expliquer en partie certains échecs après traitement.

Théorie biochimique

Une augmentation de la sécrétion de facteurs pro-inflammatoires et de cytokines a été rapportée dans plusieurs travaux^[18]. La concentration cytoplasmique et au sein de l'humeur aqueuse de l'interleukine (IL)-1 α , IL-1 β , de l'IL-8 et du *tumor necrosis factor alpha* (TNF- α) augmente environ huit heures après réalisation d'une trabéculoplastie au laser ALT. L'augmentation de l'IL-8 facilite l'excrétion de l'humeur aqueuse et entraîne un recrutement complémentaire de monocytes au sein de la maille trabéculaire^[19]. Ces monocytes semblent faciliter l'écoulement de l'humeur aqueuse en augmentant la perméabilité du canal de Schlemm et en ayant une activité de phagocytose des débris obstruant la voie trabéculaire.

Protocole thérapeutique

Patient

Un examen préalable de l'angle iridocornéen en gonioscopie est indispensable avec toute procédure de trabéculoplastie au laser afin de déterminer avec précision le degré d'ouverture de l'angle, la bonne visualisation du trabéculum sur 360°, le degré de pigmentation du trabéculum ainsi que la présence éventuelle de synéchies angulaires. Le patient doit être informé de la nécessité de poursuivre jusqu'à stabilisation de l'effet pressif son traitement médicamenteux hypotonisant par collyres ou per os, sans l'arrêter quelle que soit la classe thérapeutique utilisée. L'angle iridocornéen étant déjà ouvert dans cette indication thérapeutique, il n'est pas nécessaire de vouloir obtenir un myosis médicamenteux avant la séance de laser. Il est préférable d'instiller dans l'œil ou les yeux à traiter un collyre par apraclonidine à 1 % au moins 30 minutes avant réalisation du laser^[20]. Une simple analgésie de contact (collyre oxybuprocaine) est nécessaire afin de pouvoir poser le verre nécessaire au traitement (verre de contact gonioscopique [CGAL] de Roussel, verre de Latina, verre de Ritch). Après la séance de laser, l'instillation d'une goutte de collyre d'apraclonidine à 1 % est nécessaire afin d'éviter un pic pressif. Les médicaments inhibant la sécrétion de l'humeur aqueuse peuvent être utilisés, en particulier s'il existe une contre-indication à l'apraclonidine. Un traitement local collyre par corticoïde (dexaméthasone principalement) et éventuellement un nouveau traitement hypotonisant peuvent être prescrits pour une durée de sept jours, à raison de trois à quatre gouttes par jour. Même si ce protocole postopératoire est discuté, le traitement hypotonisant habituel du patient doit être poursuivi et, en l'absence de PIO initiale très élevée, le patient est contrôlé dans un délai de quatre à six semaines.

Réglages du laser à l'argon

Le laser à l'argon est un laser qui fonctionne en mode continu. La taille du spot de laser focalisé sur le trabéculum doit être la plus petite possible (50 μ m), avec une durée de traitement de 0,1 seconde par impact. Cette durée d'application du laser est intermédiaire entre un effet explosif (court) et un effet de brûlure (long). Elle peut être modulée en fonction du degré de pigmentation du trabéculum : moins le trabéculum est pigmenté et plus on peut augmenter la durée d'application des impacts (à un maximum de 0,2 seconde par impact). La puissance à utiliser est classiquement faible au début de la procédure, de l'ordre de 0,5 watts (W) (maximum 1 à 1,2 W) ; elle est adaptée à la réponse tissulaire observée en gonioscopie pendant la procédure. On doit obtenir un léger blanchiment tissulaire de petite taille, situé sur la partie antérieure du trabéculum, sans chercher à obtenir de rétraction tissulaire nettement visible lors de la procédure. Il est possible d'observer également une dispersion pigmentaire ou un blanchiment trabéculaire. La réaction est variable d'un patient à un autre, et, chez le même patient, en fonction de la pigmentation trabéculaire.

Stratégies de traitement

Il est classique de réaliser environ 50 spots de laser en une seule séance permettant ainsi de traiter 180° de la circonférence trabéculaire. Cela permet généralement d'obtenir une réduction efficace de la PIO^[21]. Si l'efficacité n'est pas optimale, une seconde séance intéressant les 180° restants peut être réalisée^[22]. Si la PIO est légèrement abaissée mais pas suffisamment contrôlée, la seconde séance est réalisée seulement quatre à six semaines après

la première. Le patient doit être prévenu que la seconde séance de laser est d'autant moins efficace si la première n'a pas permis déjà un bon contrôle de la PIO quatre à six semaines après la trabéculoplastie.

Résultats : efficacité et tolérance

L'efficacité du laser ALT dans la prise en charge du GPAO est maintenant confirmée depuis plus de 30 ans dans de nombreuses études cliniques. L'étude du Glaucoma Laser Trial^[23] a montré que le laser ALT était au moins autant efficace que le traitement de référence du glaucome par un collyre de maléate de timolol à 0,5 % sur une durée de cinq ans. Une réduction significative et soutenue de la PIO d'au moins 25 % avec un ralentissement de la progression des altérations structurelles du nerf optique et fonctionnelles du champ visuel a été rapportée dans l'Early Manifest Glaucoma Trial^[24,25]. Un taux d'échec de la trabéculoplastie au laser ALT à cinq ans de 30 % chez les sujets mélanodermes et de 40 % chez les sujets caucasiens a été rapporté dans l'étude Advanced Glaucoma Intervention Study^[26]. Bovell et al.^[27] ont rapporté une réduction de la PIO significative chez des sujets jeunes de 29 à 60 ans de l'ordre de 6,1 mmHg à trois ans, 6,3 mmHg à quatre ans et de 6,7 mmHg à cinq ans de suivi après traitement par le laser ALT ; l'étude de la courbe de survie de Kaplan-Meier a permis de mettre en évidence un taux d'échec d'environ 50 % à deux ans de suivi chez ces jeunes patients. Chez des patients plus âgés, plusieurs travaux ont rapporté un taux global de succès meilleur, de l'ordre de 50 % à cinq ans^[28,29]. On constate classiquement une perte d'efficacité du laser ALT d'environ 6 à 10 % par an chez les sujets qui ont initialement été bons répondeurs. Par ailleurs, la méta-analyse de Wang et al. retrouve une réduction significative du nombre de médicaments hypotonisants après laser ALT dans plusieurs séries^[30]. Seuls 10 % des patients pourraient être autorisés à arrêter totalement leur traitement hypotonisant préalable.

Actuellement, la tolérance d'une trabéculoplastie au laser ALT est généralement bonne. Les principales et plus sévères complications ont été observées lors des premières années de développement de la technique. Un pic pressionnel inférieur à 5 mmHg est très fréquent dans les premiers jours qui suivent un laser ALT (environ la moitié des cas) et ne constitue pas une réelle complication. Des élévations de la PIO de plus de 15 mmHg ont toutefois été rapportées lors des premières expériences cliniques du laser ALT^[31]. Il est pour cela recommandé d'effectuer une trabéculoplastie au laser sur l'hémicirconférence du trabéculum en deux séances et sans dépasser généralement 50 impacts sur 180°. Le pic pressionnel est en effet lié à la libération de facteurs pro-inflammatoires et de débris pigmentaires trabéculaires au sein de la chambre antérieure. Le degré de pigmentation trabéculaire semble être le principal facteur responsable de ce pic pressionnel. Des goniosynéchies peuvent parfois être observées, principalement lorsque les impacts de laser ont été réalisés de façon trop postérieure sur le trabéculum^[32]. Leur incidence diminue avec l'expérience de l'opérateur. Une inflammation du segment antérieur peut parfois être observée mais aisément contenue par l'ajout d'un collyre corticoïde dans les jours qui suivent la procédure du laser. Une hémorragie au point d'impact reste exceptionnelle et peut justifier, par précaution, de débiter la première séance de trabéculoplastie au laser dans les 180° inférieures.

Indications cliniques

Classiquement, les trabéculoplasties au laser sont proposées en complément ou en substitution d'un traitement médical peu efficace, mal toléré ou peu suivi de façon régulière. Elles peuvent être de la même façon proposées en première intention pour des patients peu observants ou présentant une contre-indication à un traitement médical hypotonisant. Cela permet souvent d'éviter ou de retarder l'échéance de la chirurgie filtrante du glaucome. L'étude Glaucoma Laser Trial^[23] a mis en évidence une baisse moyenne de la PIO à deux ans de 7 mmHg dans le groupe traité médicalement par un collyre bêtabloquant et de 9 mmHg dans le groupe traité par un laser ALT où 44 % des patients restaient bien contrôlés sans traitement médical associé. Malgré une bonne efficacité et une tolérance démontrées depuis presque 30 ans, peu d'opérateurs utilisent la trabéculoplastie au laser en première

intention chez un patient glaucomateux. De même que pour un traitement médical hypotonisant, le laser ALT peut être proposé en complément d'un traitement chirurgical classique du glaucome.

Répéter le traitement ou pas

Un retraitement avec le laser ALT est possible et semble efficace, surtout dans certaines conditions : 180° de la circonférence trabéculaire traités seulement la première fois, efficacité du traitement maintenu au moins deux ans, patients âgés ou présentant un syndrome pseudoexfoliatif. Il est cependant aujourd'hui rare de répéter une trabéculoplastie au laser ALT si celle-ci ne permet pas un bon contrôle de la PIO depuis l'apparition des différentes formulations de collyres hypotonisants et de la trabéculoplastie sélective au laser SLT. Une trabéculoplastie ALT ne doit pas être répétée si la première procédure n'a pas montré une efficacité suffisante ou persistante dans le temps.

“ Point fort

- Laser à l'argon en mode continu (ALT).
- Efficacité démontrée de la trabéculoplastie au laser ALT depuis 30 ans.
- Bonne tolérance générale du laser ALT.
- En complément ou en substitution d'un traitement médicamenteux hypotonisant.
- Rarement en première intention mais cela est possible.

Trabéculoplastie sélective au laser

Principe et mécanisme d'action

Il s'agit aussi d'un traitement physique de l'angle iridocornéen utilisant un laser Nd-YAG doublé de fréquence qui fonctionne en mode impulsionnel (micro-pulses). La longueur d'onde de ce faisceau laser YAG émet à 532 nm. Le mécanisme d'action précis de ce laser n'est pas encore complètement élucidé. Il semblerait exister plusieurs mécanismes d'action concomitants (mécanique, cellulaire et biochimique) mais avec très peu d'effets mécaniques observés par rapport au laser ALT. En effet, plusieurs travaux ont montré que la théorie mécanique ne participe pas à l'obtention d'une efficacité avec le laser SLT ; cela confirme aussi l'existence et l'importance de la théorie cellulaire et biologique décrite précédemment. La libération de cytokines par les cellules trabéculaires soumises aux impulsions du laser SLT entraîne une augmentation de la perméabilité des cellules du canal de Schlemm. L'étude de Kramer et Noecker^[33] sur des yeux provenant de cadavres humains ont montré les effets histologiques comparés du laser ALT et du laser SLT. Le laser ALT a tendance à créer un cratère cicatriciel d'environ 50 à 70 µm au sein des tissus tandis que le laser SLT n'entraîne presque pas de modifications phénotypiques visibles à faible et fort grossissement en microscopie électronique^[33].

Protocole thérapeutique

La préparation et l'installation du patient sont similaires à celles recommandées pour la trabéculoplastie au laser ALT. Le traitement préventif hypotonisant et anti-inflammatoire corticoïde topique ainsi que le rythme de surveillance et de réalisation de la deuxième séance sont similaires au protocole utilisé pour le laser ALT. Avec le laser SLT, les réglages du laser sont plus simples que pour le laser ALT. En effet, la taille du spot de 400 µm et la durée d'application de chaque impact de laser de trois nanosecondes sont des paramètres fixes et non modifiables par l'opérateur. Seule la puissance du faisceau laser est à régler (Fig. 1). On commence habituellement la procédure à une puissance de 0,6 mJ que l'on peut augmenter progressivement par paliers de 0,1 mJ jusqu'à obtenir des bulles de microcavitation à la surface du trabéculum.





Figure 1. Dispositif permettant de réaliser une trabéculoplastie au selective laser trabeculoplasty (SLT) (Ellex®) (avec l'aimable autorisation d'Ellex Medical Pty Ltd.).

La puissance initiale du laser est réduite de moitié si le degré de pigmentation trabéculaire est important. Les impacts de SLT provoquent rarement une dispersion pigmentaire visible ou un blanchiment du tissu trabéculaire : cela signifie qu'il existe un surdosage du traitement et il convient de réajuster nos paramètres. Dès lors que les bulles de microcavitation sont visibles, il est recommandé par les concepteurs du laser de réduire la puissance de 0,1 mJ, de façon à rester juste en dessous du seuil de cavitation. La grande taille du spot de laser de 400 μm facilite la focalisation sur le trabéculum, même pour un opérateur moins entraîné, par rapport au laser ALT.

Le spot de visée du laser est vu flou pendant toute la procédure, mais il est nécessaire de focaliser l'image sur les structures du trabéculum qui doivent, elles, être vues nettement.

Résultats : efficacité et tolérance

Plusieurs publications ont à ce jour démontré l'efficacité du laser SLT dans la prise en charge du glaucome à angle ouvert. Les premiers résultats de la trabéculoplastie au laser SLT ont été publiés par Latina et al. en 1998 chez des patients présentant un glaucome mal contrôlé par un traitement médical maximal^[34]. Une réduction moyenne globale de la PIO de 2,1 à 10,6 mmHg (réduction respective de la PIO de 12,1 à 39,9 % par rapport à la PIO initiale) a été rapportée par la suite dans différentes séries^[35]. Cvenkel a rapporté une réduction moyenne de la PIO de 4,4 mmHg (17,1 %) à 12 mois de suivi et dont 62 % des yeux ont bénéficié d'une réduction de la PIO d'au moins 3 mmHg après une trabéculoplastie réalisée sur une hémicirconférence du trabéculum^[36]. La trabéculoplastie au laser SLT permet d'alléger le traitement médical préalable chez plus de 80 % des patients après six mois de suivi, même si le sevrage thérapeutique reste souvent partiel^[37].

Les complications secondaires à une trabéculoplastie au laser SLT sont moins sévères et moins fréquentes que celles qui ont pu être décrites avec le laser ALT. En effet, le laser SLT délivre une énergie équivalente 1 à 5 % de celle délivrée par une même séance de laser ALT. Près de 50 % des patients peuvent présenter une inflammation légère à modérée du segment antérieur de l'œil qui répond bien au traitement anti-inflammatoire local corticoïde

et qui est même spontanément résolutive dans les 24 heures après le laser^[38]. Un pic pressionnel transitoire inférieur à 10 mmHg et répondant bien au traitement local hypotonisant a été rapporté dans près de 27 % des cas^[38,39]. Moins de 10 % des patients présentent un pic pressionnel supérieur à 10 mmHg dans les 24 à 48 heures après la trabéculoplastie SLT. Pour limiter ces pics pressionnels, il convient de limiter la puissance du laser à 0,4 à 0,6 mJ ou le nombre d'impacts principalement chez les sujets qui présentent une pigmentation importante du trabéculum^[40]. La commission de la transparence de la Haute Autorité de santé (HAS) de 2006 précise le service médical rendu important de l'apraclonidine à 1 % (agoniste alpha-2-adrénergique permettant de réduire la production d'humeur aqueuse) lors des procédures de trabéculoplasties au laser. Ce traitement est recommandé afin de contrôler ou prévenir les élévations postopératoires de la pression intraoculaire chez les patients qui ont bénéficié d'un traitement par ALT ou SLT. L'étude prospective, randomisée et en double aveugle de Barnes et al.^[41] n'a pas rapporté de pic pressionnel supérieur à 10 mmHg après instillation de collyre par l'apraclonidine à 1 % chez les patients qui ont bénéficié d'une trabéculoplastie au laser. Le collyre par apraclonidine à 1 %, comparé au maléate de timolol à 0,5 % et à l'acétazolamide par voie orale, administrés une heure avant puis immédiatement après la trabéculoplastie au laser, était le seul traitement permettant de réduire la PIO de façon significative dans l'étude prospective et randomisée de Robin^[42].

Indications cliniques

Les indications du laser SLT et du laser ALT sont similaires. La plupart des formes cliniques de glaucome sont accessibles, à condition que l'angle iridocornéen soit ouvert et le trabéculum visible en gonioscopie : GPAO, glaucome pseudoexfoliatif^[43,44], glaucome pigmentaire^[45,46] et le glaucome du sujet pseudo-phaque ou aphaque^[47]. Généralement, plus la PIO initiale est élevée et plus la réponse thérapeutique est importante avec une baisse pressionnelle moyenne plus importante en valeur absolue.

Répéter le traitement ou pas

Étant donné l'absence de lésions histologiques majeures, le laser SLT peut en théorie être répété plusieurs fois de façon efficace et bien tolérée. Cependant, il est nécessaire de savoir et d'informer le patient que l'expérience clinique est encore réduite après une seconde, voire une troisième procédure au laser SLT^[48]. Plusieurs travaux indiquent que l'efficacité du laser SLT peut être retrouvée après une seconde séance avec un taux de succès équivalent. L'expérience d'une troisième procédure n'est pas encore réellement connue.

“ Point fort

- Laser sélectif en mode impulsionnel (micro-pulses, SLT).
- Efficacité comparable au laser ALT de référence depuis 20 ans.
- En complément ou en substitution d'un traitement médicamenteux hypotonisant.
- Peut être utilisé aisément en première intention.
- Multiples retraitements possibles avec le SLT.

Comparaison entre trabéculoplastie au laser argon et trabéculoplastie sélective au laser

La grande taille du spot de laser SLT facilite la focalisation sur le trabéculum, même pour un opérateur moins entraîné, par rapport au laser ALT (Fig. 2). Les différentes études comparatives entre le laser ALT et SLT dans le traitement du glaucome à angle ouvert rapportent, d'une part, une efficacité équivalente entre les deux procédures et, d'autre part, une incidence et une sévérité similaires des effets indésirables observés. Damji et al.^[49,50] retrouvent

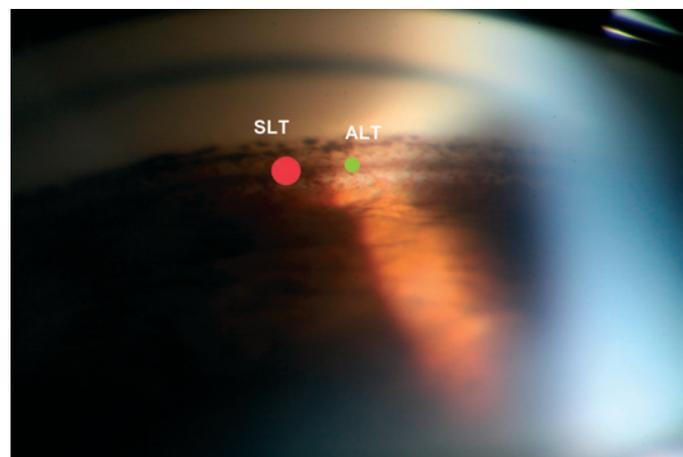


Figure 2. Comparaison de la taille des spots de *selective laser trabeculoplasty* (SLT) et *argon laser trabeculoplasty* (ALT) lors de la réalisation d'une trabéculoplastie. Le spot de laser de grande taille du SLT (400 µm) facilite la focalisation sur le trabéculum par rapport au spot de laser ALT (50 µm).

une réduction moyenne de la PIO après laser ALT et SLT, respectivement de 4,8 mmHg (21,9 %) et 4,7 mmHg (21,3 %) à six mois après réalisation d'un traitement sur une hémicirconférence du trabéculum. Les patients qui présentaient un échec thérapeutique après un premier laser ALT présentaient une meilleure réduction de la PIO moyenne en réalisant une séance de SLT plutôt qu'une deuxième séance de laser ALT^[49] ($6,8 \pm 2,4$ versus $3,6 \pm 1,8$ mmHg). La méta-analyse de Wong et al.^[51] concernant les études cliniques randomisées et contrôlées confirme la non-infériorité du laser SLT par rapport au laser ALT dans la prise en charge du glaucome à angle ouvert.

Facteurs influençant l'efficacité d'une trabéculoplastie au laser

Pression intraoculaire initiale

Plus la PIO initiale est élevée, plus la réduction de la PIO moyenne est importante. Il est classique de retrouver une réduction de 40 à 50 % de la PIO après trabéculoplastie au laser lorsque la PIO initiale dépasse 30 mmHg^[52]. L'étude Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS) a démontré qu'une PIO initiale élevée avant une trabéculoplastie ALT est un facteur de mauvais pronostic, et qu'un nombre plus important de collyres antiglaucomeux est nécessaire pour contrôler la PIO^[53]. Pour cette raison, l'efficacité du laser SLT dans le glaucome à pression normale est controversée.

Âge du patient

Les patients jeunes (moins de 40 ans) répondent généralement moins bien que les sujets plus âgés à la trabéculoplastie au laser sauf s'il existe une dispersion pigmentaire importante qui a tendance à améliorer l'effet du laser.

Ethnie

Aucune différence significative d'efficacité du laser ALT ou SLT n'a été rapportée à ce jour entre les sujets caucasiens ou mélanodermes.

Statut cristallinien

L'efficacité du laser semble être meilleure pour les sujets paques et pseudopaques mais moins bonne pour les sujets aphaques. Cependant, cela ne contre-indique pas la réalisation d'une trabéculoplastie au laser si l'angle iridocornéen et le trabéculum sont bien visibles.

Syndrome pseudoexfoliatif

La pigmentation trabéculaire souvent plus importante en cas de pseudoexfoliation capsulaire que dans le GPAO semble faciliter la

visualisation du trabéculum et donc la réalisation de la trabéculoplastie au laser. Quelques études rapportent une efficacité similaire à celle observée dans le GPAO, mais avec un échappement thérapeutique parfois plus précoce et plus fréquent^[54].

Pigmentation du trabéculum

Une pigmentation importante du trabéculum semble être un facteur de réussite de la trabéculoplastie au laser chez les sujets jeunes de moins de 40 ans. Après laser ALT, le taux de succès est de 72 % chez les sujets de moins de 40 ans et seulement de 18 % chez les sujets de plus de 40 ans à six ans de suivi^[55]. Cependant, un taux plus élevé de complications oculaires à type de pics pressionsnels a été décrit avec le laser ALT et SLT si le niveau d'énergie du laser n'est pas modulé en fonction du degré de la pigmentation du trabéculum^[56].

Notions de coût-efficacité d'une trabéculoplastie au laser

Peu de travaux existent encore à ce sujet et l'évaluation du coût est difficile et peu comparable entre l'organisation du système de santé en France et dans les pays anglo-saxons. Cantor et al.^[57] ont extrapolé leurs données personnelles et ont calculé un coût plus faible sur une durée de cinq ans pour le groupe de patients traités par trabéculoplastie au laser plutôt que par traitement médical hypotonisant seul ou ceux ayant bénéficié d'une chirurgie filtrante classique. De même, Stein et al.^[58] et Seider et al.^[59] semblent évoquer dans leurs travaux une balance coût-efficacité en faveur de la trabéculoplastie au laser par rapport à un traitement hypotonisant quotidien par prostaglandine. En effet, ils insistent sur le coût total de la pathologie glaucomeuse à moyen et long termes qui serait probablement plus important avec des collyres simples à cause d'une observance réelle moins importante que celle qui est avouée par les patients au cours du suivi. Des études de coût-efficacité complémentaires devraient être réalisées dans le futur afin d'optimiser la prise en charge globale du patient dans le cadre d'une pathologie chronique comme le glaucome, les situations sanitaires et les systèmes de remboursement des actes médicaux étant différents d'un pays à l'autre.

Autres trabéculoplasties

Laser titanium-saphire

Ce laser fonctionne en mode impulsionnel à une longueur d'onde de 790 nm. Cette grande longueur d'onde lui confère la possibilité de mieux pénétrer le tissu trabéculaire jusqu'au trabéculum juxtacanaliculaire qui est le principal site de résistance à l'écoulement de l'humeur aqueuse. Il n'entraîne a priori pas de lésions mécaniques visibles ni de nécrose de coagulation. Les images en microscopie électronique du trabéculum traité sont similaires à celles obtenues avec le laser SLT. L'efficacité à un an de la trabéculoplastie au laser titanium-saphire (*titanium laser trabeculoplasty* [TLT], SOLX, Inc., Waltham, Massachusetts) semble être similaire à celle observée avec le laser ALT^[60].

Laser diode micropulsé

Ce laser fonctionne aussi en mode impulsionnel à une longueur d'onde de 810 nm. Ce laser ne semble pas non plus induire de nécrose tissulaire de coagulation comme le laser ALT. Peu de résultats ont été publiés concernant la trabéculoplastie au laser diode micropulsé (*micro-diode laser trabeculoplasty* [MDLT], Iridex, Mountain View, Californie). Il semble que cette méthode, même si elle semble bien tolérée, soit très peu efficace en comparaison avec le laser ALT^[61].

Conclusion

La trabéculoplastie au laser est une technique dont l'efficacité et la bonne tolérance ont été démontrées dans de nombreuses études depuis bientôt 30 ans pour le laser ALT et 20 ans pour le

laser SLT. Sa place précise dans la stratégie thérapeutique globale du glaucome à angle ouvert ne fait pas l'objet de consensus mais il est aujourd'hui admis de proposer cette thérapeutique en complément ou en substitution d'un traitement médical peu efficace, mal toléré ou peu suivi de façon régulière. La trabéculoplastie au laser peut être aussi proposée en première intention pour des patients peu observants ou présentant une contre-indication à un traitement médical hypotonisant. Cela permet souvent d'éviter ou de retarder l'échéance de la chirurgie filtrante du glaucome. Dans certains cas, elle peut être proposée en complément d'une chirurgie filtrante classique du glaucome.

Déclaration d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts en relation avec cet article.



Références

- [1] Krasnov MM. Laser puncture of the anterior chamber angle in glaucoma (a preliminary report). *Vestn Oftalmol* 1972;**3**:27–31.
- [2] Hager H. Special microsurgical interventions. 2. First experiences with the argon laser apparatus 800. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1973;**162**:437–50.
- [3] Worthen DM, Wickham MG. Laser trabeculotomy in monkeys. *Invest Ophthalmol* 1973;**12**:707–11.
- [4] Wise JB, Witter SL. Argon laser therapy for open-angle glaucoma. A pilot study. *Arch Ophthalmol* 1979;**97**:319–22.
- [5] Wise JB. Glaucoma treatment by trabecular tightening with the argon laser. *Int Ophthalmol Clin* 1981;**21**:69–78.
- [6] Anderson RR, Parrish JA. Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science* 1983;**220**:524–7.
- [7] Latina MA, Park C. Selective targeting of trabecular meshwork cells: in vitro studies of pulsed and CW laser interactions. *Exp Eye Res* 1995;**60**:359–71.
- [8] Wise JB. Long-term control of adult open angle glaucoma by argon laser treatment. *Ophthalmology* 1981;**88**:197–202.
- [9] Rodrigues MM, Spaeth GL, Donohoo P. Electron microscopy of argon laser therapy in phakic open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 1982;**89**:198–210.
- [10] Van Buskirk EM, Pond V, Rosenquist RC, Acott TS. Argon laser trabeculoplasty. Studies of mechanism of action. *Ophthalmology* 1984;**91**:1005–10.
- [11] Moulin F, Haut J, Abboud E. Trabeculoperforation? Trabeculoretraction? Trabeculoplasty? Review of the various designations used for laser treatment in primary open-angle glaucoma. *Ophthalmol J Int* 1985;**191**:75–83.
- [12] Bylsma SS, Samples JR, Acott TS, Van Buskirk EM. Trabecular cell division after argon laser trabeculoplasty. *Arch Ophthalmol* 1988;**106**:544–7.
- [13] Bylsma SS, Samples JR, Acott TS, Pirouzkar B, Van Buskirk EM. DNA replication in the cat trabecular meshwork after laser trabeculoplasty in vivo. *J Glaucoma* 1994;**3**:36–43.
- [14] Dueker DK, Norberg M, Johnson DH, Tschumper RC, Feeney-Burns L. Stimulation of cell division by argon and Nd:YAG laser trabeculoplasty in cynomolgus monkeys. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1990;**31**:115–24.
- [15] Acott TS, Samples JR, Bradley JM, Bacon DR, Bylsma SS, Van Buskirk EM. Trabecular repopulation by anterior trabecular meshwork cells after laser trabeculoplasty. *Am J Ophthalmol* 1989;**107**:1–6.
- [16] Alexander RA, Grierson I, Church WH. The effect of argon laser trabeculoplasty upon the normal human trabecular meshwork. *Graefes Arch Clin Exp* 1989;**227**:72–7.
- [17] Alexander RA, Grierson I. Morphological effects of argon laser trabeculoplasty upon the glaucomatous human meshwork. *Eye* 1989;**3**(Pt6):719–26.
- [18] Bradley JM, Anderssohn AM, Colvis CM, Parshley DE, Zhu XH, Ruddat MS, et al. Mediation of laser trabeculoplasty-induced matrix metalloproteinase expression by IL-1beta and TNFalpha. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000;**41**:422–30.
- [19] Shifera AS, Trivedi S, Chau P, Bonnemaïson LH, Iguchi R, Alvarado JA. Constitutive secretion of chemokines by cultured human trabecular meshwork cells. *Exp Eye Res* 2010;**91**:42–7.
- [20] Holmwood PC, Chase RD, Krupin T, Rosenberg LF, Ruderman JM, Tallman BA, et al. Apraclonidine and argon laser trabeculoplasty. *Am J Ophthalmol* 1992;**114**:19–22.
- [21] Weinreb RN, Ruderman J, Juster R, Wilensky JT. Influence of the number of laser burns administered on the early results of argon laser trabeculoplasty. *Am J Ophthalmol* 1983;**95**:287–92.
- [22] Klein HZ, Shields MB, Ernest JT. Two-stage argon laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1985;**99**:392–5.
- [23] The Glaucoma Laser Trial (GLT) and glaucoma laser trial follow-up study: 7. Results. Glaucoma Laser Trial Research Group. *Am J Ophthalmol* 1995;**120**:718–31.
- [24] Leske MC, Heijl A, Hyman L, Bengtsson B, Dong L, Yang Z, et al. Predictors of long-term progression in the early manifest glaucoma trial. *Ophthalmology* 2007;**114**:1965–72.
- [25] Heijl A, Leske MC, Bengtsson B, Hyman L, Bengtsson B, Hussein M, et al. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Arch Ophthalmol* 2002;**120**:1268–79.
- [26] Ederer F, Gaasterland DA, Dally LG, Kim J, VanVeldhuisen PC, Blackwell B, et al. The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 13. Comparison of treatment outcomes within race: 10-year results. *Ophthalmology* 2004;**111**:651–64.
- [27] Bovell AM, Damji KF, Hodge WG, Rock WJ, Buhmann RR, Pan YI. Long term effects on the lowering of intraocular pressure: selective laser or argon laser trabeculoplasty? *Can J Ophthalmol* 2011;**46**:408–13.
- [28] Shingleton BJ, Richter CU, Bellows AR, Hutchinson BT, Glynn RJ. Long-term efficacy of argon laser trabeculoplasty. *Ophthalmology* 1987;**94**:1513–8.
- [29] Wise JB. Ten year results of laser trabeculoplasty. Does the laser avoid glaucoma surgery or merely defer it? *Eye* 1987;**1**(Pt1):45–50.
- [30] Wang H, Cheng JW, Wei RL, Cai JP, Li Y, Ma XY. Meta-analysis of selective laser trabeculoplasty with argon laser trabeculoplasty in the treatment of open-angle glaucoma. *Can J Ophthalmol* 2013;**48**:186–92.
- [31] Thomas JV, Simmons RJ, Belcher CD. Argon laser trabeculoplasty in the presurgical glaucoma patient. *Ophthalmology* 1982;**89**:187–97.
- [32] Traverso CE, Greenidge KC, Spaeth GL. Formation of peripheral anterior synechiae following argon laser trabeculoplasty. A prospective study to determine relationship to position of laser burns. *Arch Ophthalmol* 1984;**102**:861–3.
- [33] Kramer TR, Noecker RJ. Comparison of the morphologic changes after selective laser trabeculoplasty and argon laser trabeculoplasty in human eye bank eyes. *Ophthalmology* 2001;**108**:773–9.
- [34] Latina MA, Sibayan SA, Shin DH, Noecker RJ, Marcellino G. Q-switched 532-nm Nd:YAG laser trabeculoplasty (selective laser trabeculoplasty): a multicenter, pilot, clinical study. *Ophthalmology* 1998;**105**:2082–8 [discussion 2089–90].
- [35] Lanzetta P, Menchini U, Virgili G. Immediate intraocular pressure response to selective laser trabeculoplasty. *Br J Ophthalmol* 1999;**83**:29–32.
- [36] Cvenkel B. One-year follow-up of selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Ophthalmol J Int* 2004;**218**:20–5.
- [37] Francis BA, Ianchulev T, Schofield JK, Minckler DS. Selective laser trabeculoplasty as a replacement for medical therapy in open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2005;**140**:524–5.
- [38] Ayala M, Chen E. The influence of topical prostaglandin analogues in inflammation after selective laser trabeculoplasty treatment. *J Ocul Pharmacol Ther* 2012;**28**:118–22.
- [39] Melamed S, Ben Simon GJ, Levkovitch-Verbin H. Selective laser trabeculoplasty as primary treatment for open-angle glaucoma: a prospective, nonrandomized pilot study. *Arch Ophthalmol* 2003;**121**:957–60.
- [40] Van de Veire S, Zeyen T, Stalmans I. Argon versus selective laser trabeculoplasty. *Bull Soc Belge Ophtalmol* 2006;**299**:5–10.
- [41] Barnes SD, Campagna JA, Dirks MS, Doe EA. Control of intraocular pressure elevations after argon laser trabeculoplasty: comparison of brimonidine 0.2% to apraclonidine 1.0%. *Ophthalmology* 1999;**106**:2033–7.
- [42] Robin AL. Argon laser trabeculoplasty medical therapy to prevent the intraocular pressure rise associated with argon laser trabeculoplasty. *Ophthalmic Surg* 1991;**22**:31–7.
- [43] Song J, Lee PP, Epstein DL, Stinnett SS, Herndon LW, Asrani SG, et al. High failure rate associated with 180 degrees selective laser trabeculoplasty. *J Glaucoma* 2005;**14**:400–8.
- [44] Kouchehi B, Hashemi H. Selective laser trabeculoplasty in the treatment of open-angle glaucoma. *J Glaucoma* 2012;**21**:65–70.
- [45] Kouchehi B, Jalali KH. Pigmentary glaucoma accompanied by Usher syndrome. *J Glaucoma* 2012;**21**:392–3.

- [46] Mao AJ, Pan XJ, McIlraith I, Strasfeld M, Colev G, Hutnik C. Development of a prediction rule to estimate the probability of acceptable intraocular pressure reduction after selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma and ocular hypertension. *J Glaucoma* 2008;**17**:449–54.
- [47] Martow E, Hutnik CM, Mao A. SLT and adjunctive medical therapy: a prediction rule analysis. *J Glaucoma* 2011;**20**:266–70.
- [48] Hong BK, Winer JC, Martone JF, Wand M, Altman B, Shields B. Repeat selective laser trabeculoplasty. *J Glaucoma* 2009;**18**:180–3.
- [49] Damji KF, Shah KC, Rock WJ, Bains HS, Hodge WG. Selective laser trabeculoplasty v argon laser trabeculoplasty: a prospective randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol* 1999;**83**:718–22.
- [50] Damji KF, Bovell AM, Hodge WG, Rock W, Shah K, Buhrmann R, et al. Selective laser trabeculoplasty versus argon laser trabeculoplasty: results from a 1-year randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol* 2006;**90**:1490–4.
- [51] Wong MO, Lee JW, Choy BN, Chan JC, Lai JS. Systematic review and meta-analysis on the efficacy of selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Surv Ophthalmol* 2015;**60**:36–50.
- [52] Johnson PB, Katz LJ, Rhee DJ. Selective laser trabeculoplasty: predictive value of early intraocular pressure measurements for success at 3 months. *Br J Ophthalmol* 2006;**90**:741–3.
- [53] AGIS Investigators. The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 11. Risk factors for failure of trabeculectomy and argon laser trabeculoplasty. *Am J Ophthalmol* 2002;**134**:481–98.
- [54] Gracner T. Intraocular pressure response of capsular glaucoma and primary open-angle glaucoma to selective Nd:YAG laser trabeculoplasty: a prospective, comparative clinical trial. *Eur J Ophthalmol* 2002;**12**:287–92.
- [55] Ritch R, Liebmann J, Robin A, Pollack IP, Harrison R, Levene RZ, et al. Argon laser trabeculoplasty in pigmentary glaucoma. *Ophthalmology* 1993;**100**:909–13.
- [56] Harasymowycz PJ, Papamatheakis DG, Latina M, De Leon M, Lesk MR, Damji KF. Selective laser trabeculoplasty (SLT) complicated by intraocular pressure elevation in eyes with heavily pigmented trabecular meshworks. *Am J Ophthalmol* 2005;**139**:1110–3.
- [57] Cantor LB, Katz LJ, Cheng JW, Chen E, Tong KB, Peabody JW. Economic evaluation of medication, laser trabeculoplasty and filtering surgeries in treating patients with glaucoma in the US. *Curr Med Res Opin* 2008;**24**:2905–18.
- [58] Stein JD, Kim DD, Peck WW, Giannetti SM, Hutton DW. Cost-effectiveness of medications compared with laser trabeculoplasty in patients with newly diagnosed open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2012;**130**:497–505.
- [59] Seider MI, Keenan JD, Han Y. Cost of selective laser trabeculoplasty vs topical medications for glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2012;**130**:529–30.
- [60] Goldenfeld M, Melamed S, Simon G, Ben Simon GJ. Titanium: sapphire laser trabeculoplasty versus argon laser trabeculoplasty in patients with open-angle glaucoma. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2009;**40**:264–9.
- [61] Rantala E, Vällimäki J. Micropulse diode laser trabeculoplasty – 180-degree treatment. *Acta Ophthalmol* 2012;**90**:441–4.

V. Fortoul, Chef de clinique-assistant (vincent.fortoul@live.fr).

P. Denis, Professeur des Universités, praticien hospitalier, chef de service.

Service d'ophtalmologie, Hôpital de la Croix-Rousse, CHU de Lyon, 103, Grande-Rue-de-la-Croix-Rousse, 69317 Lyon cedex 04, France.

Toute référence à cet article doit porter la mention : Fortoul V, Denis P. Trabéculoplasties. EMC - Ophtalmologie 2016;13(1):1-7 [Article 21-280-D-25].

Disponibles sur www.em-consulte.com



Arbres
décisionnels



Iconographies
supplémentaires



Vidéos/
Animations



Documents
légaux



Information
au patient



Informations
supplémentaires



Auto-
évaluations



Cas
clinique

Cet article comporte également le contenu multimédia suivant, accessible en ligne sur em-consulte.com et em-premium.com :

1 autoévaluation

[Cliquez ici](#)

1 iconographie supplémentaire

Iconosup 3

Réalisation d'une trabéculoplastie au *selective laser trabeculoplasty* chez un patient présentant un glaucome primitif à angle ouvert. La netteté doit être recherchée sur les structures de l'angle iridocornéen et non pas sur le spot de laser.

[Cliquez ici](#)

[Cliquez ici pour télécharger le PDF des iconographies supplémentaires](#)

1 vidéo/animation

[Cliquez ici](#)