

Les nouvelles technologies au service de la RD : le laser Pascal

Franck Fajnkuchen¹, Charlotte Rohart²

Le laser Pascal ou Pattern Scanning Laser est un laser récent, émettant des pulses de 532 nanomètres et permettant de délivrer des impacts multiples appliqués en un seul coup de pédale. Il s'agit d'un modèle de laser semi-automatique à balayage. Les impacts sont courts, réduisant ainsi les effets thermiques nocifs.

Le laser Pascal a été développé initialement à l'université de Stanford et est produit par la société Optimedica. Il a été agréé par la Food and Drug Administration (FDA) en 2005. Il a été conçu dans le but d'améliorer la sécurité, la précision, le confort et la rapidité des procédures de photocoagulation des affections rétiniennes et choroïdiennes.

Principes du laser Pascal

Il s'agit d'un laser permettant la délivrance simultanée de multiples pulses laser dans une séquence prédéterminée, permettant une précision des impacts laser et une réduction du temps de traitement.

La technologie du laser Pascal permet de contrôler le placement des spots laser selon des masques (ou patterns) prédéterminés. Ces patterns sont choisis avant le début de la séance par l'ophtalmologiste (simple spot, carré, quadrant, grid maculaire...). À l'aide des ces différentes configurations, le laser délivre 1 à 25 impacts simultanément (en moins de 0,5 s) en utilisant des pulses laser de 532 nm.

Un confort amélioré pour le patient... et pour le praticien

Avec le laser Pascal, les effets secondaires sont moins nombreux. En effet, chaque impact de laser est court : cela signifie que chaque brûlure laser est minimisée par rapport au laser conventionnel. L'intérêt du laser Pascal est donc de réduire la durée des impacts à 20 ms (100 ms pour le laser conventionnel). Le temps d'exposition est variable. Il peut être de 10 ms pour les traitements maculaires, jusqu'à 20 ms pour les traitements périphériques. Il est donc jusqu'à cinq fois plus court que dans les traitements conventionnels.

Cette diminution de la durée des impacts entraîne une diffusion thermique moindre et une diminution importante des douleurs par rapport au laser conventionnel. Il en résulte que l'échauffement de la choroïde est moins important et que le patient tolère beaucoup mieux ce laser que le laser conventionnel. Avec ce dernier, un grand volume de tissu est chauffé, causant inflammation et douleur. Par ailleurs, hormis la moindre réponse inflammatoire, il existe aussi une moindre diffusion de l'effet thermique vers la rétine interne et une préservation de la couche des fibres nerveuses rétiniennes.

Pour le patient, il en résulte une meilleure compliance au traitement liée à l'augmentation du confort lors des séances de laser. Par ailleurs, le laser Pascal permet de réduire le nombre de séances et de réaliser une photocoagulation rapide et donc d'optimiser le temps de traitement.

Pour les ophtalmologistes, il existe une amélioration du confort grâce aux qualités d'ergonomie du laser. Il existe moins de douleurs avec le laser Pascal pour le patient, ce qui a pour conséquence une diminution de la pénibilité du laser pour le patient mais aussi pour le médecin.

Un tiers de PPR en moins de 10 minutes

Le traitement en pattern permet un traitement beaucoup plus agréable pour le patient car beaucoup plus court, un gain de temps pour l'ophtalmologiste (un tiers de panphotocoagulation rétinienne en moins de 10 minutes) et un nombre de séances diminué par rapport au traitement conventionnel.

1. Centre d'imagerie et de laser, Paris ; service d'ophtalmologie du Pr Gilles Chaine, hôpital Avicenne, Bobigny. 2. Ophtalmologiste, Castries.

Rétinopathie diabétique

La taille des impacts avec le laser Pascal est égale à la taille du spot laser et les impacts sont régulièrement espacés. En effet, la diminution de la diffusion thermique permet une atrophie moins importante de l'épithélium pigmentaire, avec des cicatrices identiques au spot et qui ne s'étendent pas. Avec le laser conventionnel, les impacts sont irrégulièrement espacés et les brûlures sont de tailles variables. En revanche, la profondeur des impacts est identique entre les deux lasers. Au niveau du fond d'œil, les cicatrices après laser Pascal sont moins pigmentées qu'avec le laser conventionnel et ne grandiraient pas, ou peu, avec le temps.

Description et utilisation pratique du laser Pascal

Un écran tactile permet facilement de sélectionner le pattern choisi, soit unique, soit en carré (de 2 x 2 jusqu'à 5 x 5 impacts), soit en arc de cercle (en 8 x 3, grid ou cerclage) (figure 1).

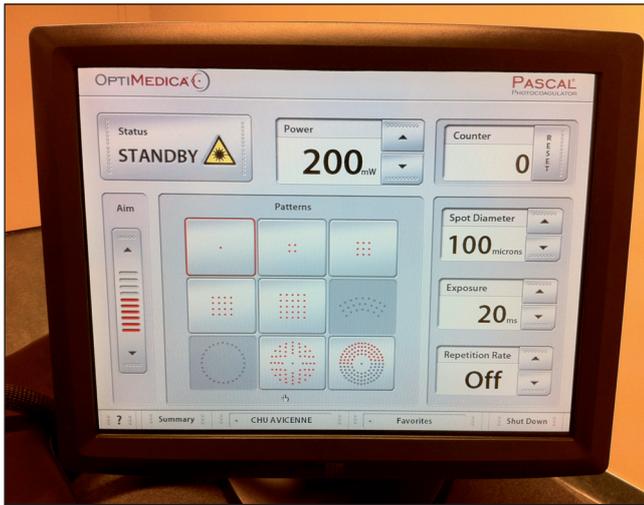


Figure 1. Écran d'accueil du laser Pascal avec visualisation des différents patterns.

Le diamètre du spot est compris entre 100 et 1000 μm et la puissance entre 100 mW et 2 W.

En pratique, le patient est installé devant le laser Pascal. L'unité du laser Pascal a une ergonomie réfléchi : il s'agit d'un système intégrant une lampe à fente de qualité (optique Leica, Weztlar, Allemagne), un système de table à élévation comprenant des accoudoirs dédiés et une unité centrale avec écran tactile permettant de contrôler les différents paramètres de la photocoagulation (figure 2). L'ophtalmologiste règle les oculaires, en faisant attention à bien corriger l'amétropie pour permettre une focalisation idéale des impacts sur la rétine et choisit le



Figure 2. Ergonomie du laser Pascal, intégrant lampe à fente, table à élévation et unité centrale.

pattern adapté. Un patient sensible à la douleur sera plus confortable, et moins ébloui, avec un nombre d'impacts réduit. La taille du spot est réglée et la puissance choisie et testée en moyenne périphérie. Cette puissance sera légèrement augmentée au pôle postérieur et diminuée en périphérie. Le temps d'exposition est variable selon la zone traitée (10 ms pour un traitement maculaire, 20 ms pour un traitement périphérique). Il faut penser à choisir sur l'écran tactile le facteur de grossissement des impacts en fonction du verre utilisé ; enfin, il faut déterminer quel type d'espace on désire entre chaque impact (figure 3).

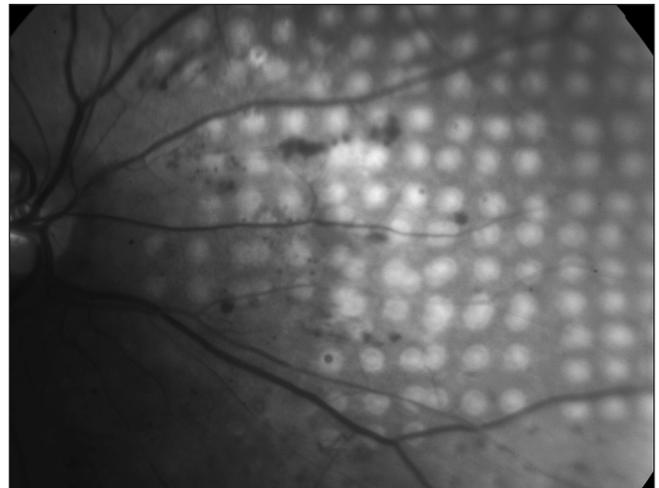


Figure 3. Impacts rétiens d'un pattern 3 x 3 au cours d'une photo-coagulation panrétinienne : impacts de 400 microns sur la rétine, puissance 550 mW, durée 20 ms.

Le laser Pascal dans la littérature

Depuis l'avènement du laser Pascal, quelques études (peu nombreuses à ce jour, citons notamment les études de la Manchester Pascal Study) ont cherché à définir :

- si le laser Pascal était aussi efficace que le laser conventionnel dans le traitement de la rétinopathie diabétique proliférante et de l'œdème maculaire diabétique,
- et si les particularités du laser Pascal (impacts de courte durée et mode de délivrance multispots des impacts) offraient de réels avantages sur les lasers conventionnels.

Nous proposons ici une revue synthétique de la littérature sur le sujet.

Rétinopathie diabétique proliférante

Le laser Pascal réduit l'énergie délivrée par chaque impact et limite la diffusion de l'effet thermique au sein de la rétine

La photocoagulation panrétinienne (PPR) reste le traitement de référence de la rétinopathie diabétique proliférante. Malgré l'efficacité de ce type de traitement, la photocoagulation conventionnelle avec spot unique n'en demeure pas moins une expérience inconfortable pour le patient (douleur, nombre et durée des séances) et le traitement n'est pas dénué d'effets secondaires (modifications de la réfraction, fermeture de l'angle, altération de la sensibilité aux contrastes, du champ visuel et de la vision des couleurs, œdème maculaire induit, décollement choroïdien, rupture de la membrane de Bruch...). Beaucoup de ces effets sont liés à la production de cytokines libérées par les tissus qui environnent le point d'impact du laser. Même s'ils sont altérés par la diffusion de l'énergie à partir de l'impact initial, ils ne sont pas totalement détruits par l'impact du laser et ont donc la capacité à libérer des cytokines pro-inflammatoires [1].

Au cours du laser Pascal, chacun des impacts a une durée courte, comprise entre 10 et 30 ms. Au cours du laser traditionnel, les temps sont plus longs, compris entre 0,1 et 0,2 s. Dans une étude comparant laser à courte durée et laser conventionnel, la puissance nécessaire pour obtenir la même couleur d'impact sur la rétine est, logiquement, plus élevée dans le groupe laser à courte durée : dans le groupe 100 ms, la puissance est de 178 mW contre 490 mW dans le groupe 20 ms (de manière générale, les puissances utilisées avec le laser Pascal sont souvent comprises entre 400 et 600 mW) [2].

Cependant, même s'il faut augmenter avec le laser Pascal la puissance des impacts, l'énergie délivrée par chacun d'eux (puissance de l'impact x durée de l'impact) reste trois fois inférieure en moyenne avec le laser Pascal qu'avec le laser conventionnel.

Cette diminution de l'énergie délivrée contribue à réduire la diffusion de l'effet thermique au tissu environnant et permet de limiter l'effet de l'impact du laser à l'épithélium pigmentaire et à la rétine externe. Avec un laser conventionnel, la taille de la brûlure rétinienne peut excéder la taille du spot initial (pouvant être multipliée par trois). À l'opposé, avec le laser Pascal, on n'observerait pas d'augmentation importante de la taille de la lésion avec le temps [3].

Le laser Pascal réduit la durée de chaque séance

Blumenkratz *et al.* remarquent qu'avec l'application de spots multiples, il est possible de réduire d'un facteur 10 le temps nécessaire à la réalisation d'une PPR. Avec ces constatations, une PPR peut théoriquement être réalisée en une seule séance [4]. De la même manière, Muqit *et al.* ont montré que le temps moyen pour réaliser une PPR complète en une seule séance était de 5,04 min (SD, 1,5 min) dans le groupe laser Pascal *versus* 59,3 min (SD, 12,7 min) dans le groupe laser conventionnel avec séances multiples [5].

Cependant, les données de la DRS et de l'ETDRS recommandent de ne pas placer plus de 900 impacts par séance pour ne pas entraîner de complications tels que la survenue d'un œdème maculaire, d'un décollement choroïdien, d'un décollement de rétine exsudatif ou d'une fermeture de l'angle iridocornéen... Néanmoins, ce type de complication ne semble pas survenir avec le laser Pascal lorsque l'on dépasse 1000 impacts, probablement du fait d'une diminution de l'énergie délivrée par chaque impact. La pertinence de faire une PPR en une seule séance est ainsi mise en avant par certains auteurs [5,6].

Le laser Pascal réduit la douleur

Une étude a comparé la douleur engendrée par des impacts de durée variable (0,1 s vs 0,02 s) : celle-ci a été cotée 5,11/10 dans le groupe durée longue contre 1,41 dans le groupe durée courte [2]. Cette diminution de la douleur est confirmée par une étude de la Manchester Pascal Study : le laser Pascal augmente le confort du patient en diminuant l'anxiété, en réduisant la douleur de chacun des impacts et en limitant les céphalées et les douleurs de nuque grâce à des séances plus courtes [7].

Laser Pascal et complications

Dans la plus grande série sur ce sujet (1 301 cas compilés), les auteurs concluent à la sécurité du laser Pascal. La principale complication survenant dans cette série est l'hémorragie rétinienne (17 cas) ; il convient de noter que cette complication est survenue dans 15 cas au cours de la phase d'apprentissage du laser. Les auteurs signalent que ces hémorragies ont souvent une localisation

Rétinopathie diabétique

périphérique et ont peut être pour cause le fait que les praticiens ont eu tendance à augmenter la puissance des spots lorsqu'ils s'approchaient de la périphérie, en raison de la plus grande difficulté à marquer à proximité de l'ora serrata (lorsque la courbure du globe se majore). Il est alors préférable d'utiliser de petits patterns (2 x 2 ou 3 x 3), pour minimiser les conséquences des impacts avec une énergie plus élevée.

Deux cas de décollements choroidiens asymptomatiques et un cas de décollement de rétine exsudatif ont par ailleurs été observés (3 cas sur 1301), et sont rentrés dans l'ordre sous AINS topique [8].

Œdème maculaire diabétique

Il existe quelques données dans la littérature sur l'utilisation du laser Pascal dans le traitement focal ou en grid de l'œdème maculaire diabétique (OMD). Souvent, les impacts sont délivrés sous forme d'un spot unique et non pas avec le pattern spécifique destiné, en théorie, à la réalisation d'un grid.

Les études se sont surtout intéressées à confirmer que des impacts appliqués à la limite de la visibilité étaient efficaces pour réduire l'OMD.

Une étude récente parue dans l'*American Journal of Ophthalmology*, a montré que des impacts de 100 microns, avec des durées de 10 ms permettaient d'avoir un effet sur la rétine [9]. Cet effet est confirmé par la visualisation au fond d'œil des impacts, partiellement visibles une

heure après leur réalisation, et par les clichés en auto-fluorescence. De même, une modification de la réflectivité rétinienne est observée en OCT au niveau des zones d'impacts du laser. L'hyper-autofluorescence des lésions s'accroît avec le temps. Les examens d'imagerie semblent confirmer que l'effet du laser reste cantonné à la zone où a eu lieu l'impact, avec peu de diffusion en profondeur et en latéral de la brûlure induite. Ceci tend à réduire l'œdème induit par le laser et à limiter les phénomènes d'élargissement des impacts, ce qui, au final, minimise la cicatrice induite.

En termes d'efficacité, le laser Pascal est efficace, au moins à court terme, pour réduire l'OMD [10]. Des études avec un plus long suivi sont attendues.

Conclusion

Le laser Pascal permet une photocoagulation plus facile pour le médecin et le malade : la réduction de la durée d'impact et le système de pattern permettent de diminuer la douleur et le temps consacré à la photocoagulation.

La diminution de la diffusion de l'effet thermique aux tissus environnants, grâce à la réduction des durées d'impacts, pourrait permettre de réduire l'élargissement secondaire des cicatrices et diminuer les effets secondaires de la photocoagulation. Ces derniers points sont à confirmer par des études avec un long suivi.

Bibliographie

1. Nonaka A, Kiryu J, Tsujikawa A *et al.* Inflammatory response after scatter laser photocoagulation in non photocoagulated retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:204-9.
2. Al-Hussainy S, Dodson PM, Gibson JM. Pain response and follow-up of patients undergoing panretinal laser photocoagulation with reduced exposure times. *Eye* 2008;22:96-9.
3. Paulus YM, Jain A, Gariano RF *et al.* Healing of retinal photocoagulation lesions. *Invest Ophthalmol Clin Sci* 2008;49:5540-5.
4. Blumenkranz MS, Yellachich D, Andersen DE, Wiltberger MW, Mordant D, Marcellino GR, Palanker D. Semiautomated patterned scanning laser for retinal photocoagulation. *Retina* 2006;26:370-6.
5. Muqit MM, Marcellino GR, Henson DB *et al.* Single-session vs multiple-session pattern scanning laser panretinal photocoagulation in proliferative diabetic retinopathy: The Manchester Pascal Study. *Arch Ophthalmol* 2010;128:525-33.
6. Muraly P, Limbad P, Srinivasan K, Ramasamy K. Single session of Pascal versus multiple sessions of conventional laser for panreti-

nal photocoagulation in proliferative diabetic retinopathy: a comparative study. *Retina* 2011;31(7):1359-65.

7. Muqit MM, Marcellino GR, Gray JC *et al.* Pain responses of Pascal 20 ms multi-spot and 100 ms single-spot panretinal photocoagulation: Manchester Pascal Study, MAPASS report 2. *Br J Ophthalmol* 2010;94:1493-8.

8. Velez-Montoya R, Guerrero-Naranjo JL, Gonzalez-Mijares CC *et al.* Pattern scan laser photocoagulation: safety and complications, experience after 1301 consecutive cases. *Br J Ophthalmol* 2010;94:720-4.

9. Muqit MM, Gray JC, Marcellino GR *et al.* Barely visible 10-millisecond Pascal laser photocoagulation for diabetic macular edema: observations of clinical effect and burn localization. *Am J Ophthalmol* 2010;149:979-86.

10. Jain A, Collen J, Kaines A, Hubschman JP, Schwartz S. Short-duration focal pattern grid macular photocoagulation for diabetic macular edema: four-month outcomes. *Retina* 2010 Nov-Dec;30(10):1622-6.