

Le laser picoseconde

RÉSUMÉ : Le laser picoseconde est une évolution importante des lasers Q-switched dont il reprend certaines caractéristiques, en particulier les longueurs d'onde et les indications, mais qui en diffère par une réduction de la durée d'impulsion. Cela entraîne une diminution de l'effet thermique des lasers picosecondes, comparés aux Q-switched, tout en augmentant leur impact photomécanique. Autrement dit, cela améliore la tolérance, permettant de raccourcir le délai entre les séances, et l'efficacité, permettant d'en diminuer le nombre. Au final, diminuer à la fois le nombre de séances et le délai qui les sépare permet de réduire fortement la durée globale du traitement de détatouage. Il s'agit là d'un véritable progrès pour nos patients. On peut raisonnablement penser que le problème des résistances de certaines encres, en particulier bleues et vertes, sera fortement minimisé.



→ J.-M. MAZER

Centre Laser International de la Peau (CLIPP), PARIS.

Les lasers Q-switched, parfois dénommés “cristal commutés” ou “nanosecondes”, font partie de notre arsenal thérapeutique depuis une vingtaine d'années [1]. Leurs principales indications sont le détatouage, le traitement des lésions pigmentées bénignes (lentigo solaires, lentiginoses, nævus d'Ota). Ils sont également parfois utilisés en “remodelage” afin d'améliorer les cicatrices et les signes d'héliodermie.

Une nouvelle génération de lasers, évolution des lasers Q-switched, nous est proposée depuis un an : les lasers “picosecondes” [2]. Fondamentalement, leurs différences avec leurs prédécesseurs, les Q-switched, ne sont pas énormes ; ils n'en diffèrent que par la réduction de la durée d'impulsion. Cependant, il s'agit d'un authentique progrès sur un plan technologique, mais surtout pour le patient : par exemple la durée globale nécessaire à un détatouage peut vraisemblablement être divisée par 2 ! Or, cela est réellement fondamental lorsque l'on sait que le principal problème en matière de détatouage, l'arrêt du traitement par le patient, est lié à la trop longue durée de celui-ci, souvent supérieure à 2, voire 3 années [1]. En effet, les séances doivent être espacées d'environ 2 mois et, pour un détatouage classique, plus ou moins

coloré, le nombre de séances est souvent supérieur à 10. En évitant de traiter l'été ou sur peau bronzée, le patient devra alors patienter 3 années environ avant d'espérer voir disparaître son tatouage. Et pendant ces 3 années, le tatouage est également “abîmé”, ne ressemblant plus à rien, certaines couleurs s'effaçant plus vite que d'autres...

Il s'agit là d'une différence fondamentale avec, par exemple, le traitement d'un angiome plan : celui-ci nécessite aussi un traitement (trop ?) prolongé ; mais il devient de plus en plus pâle, de moins en moins visible, et s'améliore au fur et à mesure des séances. Un tatouage traité par laser commence, lui, par ne “plus ressembler à rien”. D'où l'intérêt de réduire la durée globale du traitement. C'est ce que le laser picoseconde se propose de réaliser.

Caractéristiques d'un laser picoseconde, comparé à un laser Q-switched

Depuis les travaux initiaux de l'équipe de Rox Anderson [3], nous savons que la durée d'impulsion est un élément fondamental dans l'action d'un laser, en rapport avec la taille de la cible, constituée

par les chromophores électifs. Pour des cibles très petites, telles les mélanosomes et les gouttelettes d'encre (diamètre habituel de l'ordre de 40 à 300 microns seulement), la durée d'impulsion – en rapport avec les délais de relaxation thermique de ces chromophores – doit être extrêmement réduite, de l'ordre des picosecondes, donc bien plus court que les nanosecondes (délai d'impulsion des lasers Q-switched).

Si les premiers lasers de détatouage utilisaient des nanosecondes, c'est parce qu'il était impossible de mettre au point, sur un plan technologique et industriel, des durées plus courtes, de l'ordre des picosecondes. Il aura fallu 15 années pour que des ingénieurs (les même que ceux qui avaient conçu les lasers Q-switched) y parviennent enfin.

Le laser picoseconde nous est proposé depuis 1 an par la société Cynosure sous le nom de PicoSure. D'autres compagnies devraient nous en proposer également (Cutera et Candela Syneron en particulier). La durée d'impulsion des PicoSure, d'abord de 750 picosecondes, est dorénavant fixée à 550 picosecondes.

Les longueurs d'ondes des lasers picosecondes ne diffèrent pas de celles des lasers Q-switched. Le PicoSure propose 755 nm (alexandrite) et bientôt 532 et 1064 nm (KTP et Nd:YAG).

Sur le plan des couleurs de tatouage, rappelons que, classiquement, les verts et bleus turquoise ne répondent qu'à l'alexandrite 755 nm ; le rouge au KTP 532 nm (avec un risque de virage au noir à éliminer par un test préalable systématique), et les bleus foncés et noirs répondent soit à l'alexandrite 755 nm, soit au Nd:YAG 1064 nm.

En mode alexandrite, le laser picoseconde de Cynosure propose dorénavant une durée d'impulsion de 550 picosecondes, à comparer aux 50 nano-

1 nanoseconde =
1 milliardième de seconde =
 10^{-9} seconde

1 picoseconde =
1 millième de nanoseconde =
 10^{-12} seconde

secondes des autres lasers alexandrites Q-switched (environ 90 fois plus long donc). Les lasers Q-switched KTP peuvent avoir des durées plus courtes, variant suivant les modèles (de 2 à 50 nanosecondes)...

Quels avantages théoriques à réduire la durée d'impulsion ?

Ils sont multiples, avec des retombées d'ordre pratique pour le patient. Ainsi, réduire la durée d'impulsion permet, en matière de détatouage et de traitement des lésions pigmentées, d'être à la fois plus efficace et mieux toléré. En effet, ces durées plus courtes correspondent réellement aux délais de relaxation thermique des chromophores en jeu, comme l'avait démontré Rox Anderson au début des années quatre-vingt-dix.

Le mode d'action de ces lasers repose sur l'importance de leur impact photomécanique [3, 4]. Avec des durées d'impulsion exprimées en picosecondes, il est fortement majoré sur de très fines particules propres à ces chromophores. Ainsi, pour des particules d'encre de 40 nm de diamètre, il est de 1 en alexandrite picoseconde contre 0,0005 en alexandrite 50 nanosecondes, même en utilisant une fluence double, soit 2000 fois plus puissant. Pour des particules plus grosses (100 nm), ils sont respectivement de 8,7 (pico) contre 0,00041 (nano), soit environ 20000 fois plus (3)!

Pour en comprendre l'intérêt, il suffit de faire la comparaison avec le fait de casser des pierres avec une masse. Plus l'impact

mécanique est puissant, plus on fait de la poussière. C'est exactement ce que fait un laser sur des particules de tatouages ou de mélanosomes : il les fragmente en particules de plus en plus fines, ce qui permettra leur élimination secondaire par l'organisme. Cela explique la réduction que nous observons sur le nombre de séances, en rapport avec une meilleure efficacité.

Évidemment, cette différence d'efficacité s'observera d'autant plus que les lasers Q-switched nécessitaient de nombreuses séances, leur nombre variant beaucoup en fonction de la lésion traitée (densité du tatouage, couleur de la lésion, etc.). Quand une, voire deux séances suffisaient sur des lentigos par exemple, on comprend bien que le laser picoseconde ne peut être bien supérieur!

Il est difficile d'être plus efficace que "très efficace", de même que, comme disait Coluche, il est difficile de "*laver plus blanc que blanc. Blanc, on connaît, mais plus blanc?...*". Plus sérieusement, cette différence d'efficacité en faveur de picoseconde sera logiquement d'autant plus nette que les chromophores sont petits [4-8]. Pour un détatouage, ce sera au fur et à mesure de la répétition des séances que la différence se fera de plus en plus sentir...

L'exemple maximal est le traitement des tatouages multitraités devenus très clairs, parfois appelés "tatouages fantômes". Bien que très peu colorés, ils peuvent être totalement résistants aux lasers Q-switched alors qu'une seule, voire deux séances seulement de picoseconde s'avèrent suffisantes. À l'opposé, la différence d'efficacité à la première séance sera plus faible, les deux types de lasers étant déjà très efficaces tous les deux.

Les tatouages bleus et verts semblent constituer une indication élective du laser picoseconde alexandrite. Dans l'étude de Green, les 12 cas de tatouage de cette couleur, pas ou peu amélio-

rés par des séances préalables de laser Q-switched, ont tous été éclaircis d'au moins 75 % (1/3 totalement blanchis) en seulement une ou maximum deux séances de laser picoseconde.

Déroulement des séances

Il ne diffère pas de celui des lasers Q-switched. Rappelons-le, la seule différence entre un laser Q-switched et un picoseconde repose sur la durée d'impulsion.

Le choix de la longueur d'onde reposera sur la couleur du tatouage, la teinte de la lésion pigmentée. Plus elle est claire, plus on favorisera le KTP 532 nm plutôt que l'alexandrite 755 nm. Pour le détatouage, le Nd:YAG 1064 nm est réservé aux noirs et bleus très foncés. Le KTP 52 nm est le seul pouvant agir sur la couleur, mais avec un risque de virage au noir en cas de présence d'oxydes ferreux, ce qui impose la réalisation préalable d'un test. Les couleurs verte, turquoise et bleu clair ne répondent généralement qu'à l'alexandrite, qui est en général efficace sur l'ensemble des couleurs sauf le rouge et l'orange.

Si l'on compare les lasers alexandrites picoseconde et nanoseconde, il apparaît clairement que les différences d'efficacité apparaissent surtout sur les bleus de tous types, les verts et les noirs.

Sur un plan pratique, on peut proposer l'application préalable d'un topique analgésique. Puis le seul paramètre à choisir est la fluence, généralement comprise entre 2 et 4,5 Joules/cm² [9].

Après les séances, on observe la même réaction blanche floconneuse qu'avec les lasers Q-switched. Par rapport aux Q-switched, on remarque moins de réaction croûteuse, mais un peu plus d'œdème. Du fait de la diminution de l'effet thermique en rapport avec la réduction de la durée d'impulsion, les suites

sont finalement un peu plus courtes, et il est possible de traiter à nouveau les lésions après 4 à 5 semaines contre plutôt 8 semaines avec les lasers nanosecondes.

On recommande l'éviction solaire pendant un mois, et on évitera de traiter une peau bronzée.

Qu'apporte réellement le laser picoseconde ? Ses meilleures indications ?

Le débat est le suivant : le laser picoseconde n'est-il qu'un coûteux progrès

technologique (l'appareil coûte le prix d'au moins 4 lasers Q-switched !), ou un véritable progrès pour nos patients (fig. 1 et 2) ?

À mon sens, la réponse est évidente : diminuer d'environ par deux la durée globale d'un détatouage, passer d'une durée de 2 à 3 années à plus ou moins une année est un véritable progrès. Prenons l'exemple d'un tatouage professionnel présentant des couleurs variées : débiter un traitement, c'est s'engager pour une durée de 2 à 3 années, pendant lesquelles le tatouage perdra certaines couleurs plus vite que d'autres, avec



FIG. 1: Exemple de résultat du laser picoseconde PicoSure sur un tatouage résistant : avant (A), après 20 séances de laser Q-switched (B), puis après 3 séances de laser picoseconde (C).



FIG. 2: Résultat comparatif sur un tatouage du laser nanoseconde (Q-switched) et du laser picoseconde (PicoSure).

POINTS FORTS

- ➔ Le laser picoseconde permet d'utiliser des durées d'impulsions plus courtes que celles des lasers Q-switched, passant de la nanoseconde à la picoseconde.
- ➔ La réduction de la durée d'impulsion permet de réduire l'effet thermique tout en augmentant l'impact photomécanique sur lequel repose l'activité d'un laser de détatouage.
- ➔ Les longueurs d'onde utilisables ne diffèrent pas de celles utilisables avec un laser Q-switched (KTP, alexandrite, rubis, Nd:YAG).
- ➔ En pratique, le point fondamental est l'amélioration de l'efficacité, dans la mesure où le nombre nécessaire de séances diminue ainsi que le délai entre elles.
- ➔ La différence d'efficacité en faveur du laser picoseconde est d'autant plus nette que les lasers Q-switched étaient limités (tatouages résistants, bleus, turquoise, verts, tatouages "fantômes", multitraités et résistants).

le risque que certaines – vertes et bleu turquoise surtout [4] – s'avèrent résistantes. Le patient se retrouvera au bout de plusieurs séances avec un tatouage où certaines couleurs auront disparu, mais pas toutes. Bref, son tatouage ne sera toujours pas parti et il ne ressemblera plus à rien. D'autres couleurs seront devenues très claires, comme délavées et ne répondront plus aux dernières séances pratiquées.

Avec le laser picoseconde, l'impact photomécanique optimise l'efficacité, et celle-ci, souvent considérée comme "modérée" sur les bleus turquoise et les verts, devient ici réellement excellente. Certes, notre expérience n'est pas très importante encore (environ une année de recul), mais ce point nous semble absolument évident. Autre évidence : lorsque le tatouage était devenu très clair, "délavé", du fait de la répétition des séances, ce qui est en rapport avec la persistance de très fines particules d'encre, les lasers nanosecondes pouvaient, dans certains cas, perdre toute efficacité. La logique, pour redevenir efficace, consistait alors à réduire la

durée d'impulsion pour être en rapport avec les durées de relaxation thermique de ces chromophores. C'est exactement ce qu'apportent les nouveaux lasers picoseconde (*fig. 3*). Et, rappelons que ces points avaient déjà été précisés dans les années 1990 ; mais les industriels n'étaient pas à l'époque capables de fabriquer de tels équipements.

Signalons aussi que, comme les lasers Q-switched, le laser picoseconde peut être proposé en remodelage de rides ou de cicatrices [10, 11]. Il présente en particulier une pièce à main frac-

tionnée dite Pico Focus qui délivre des impacts microscopiques mais très nombreux, avec une forte énergie. Cependant, nous manquons encore de recul pour en préciser la place exacte dans les indications de réjuvenation et de traitement des cicatrices, bien que les premières études publiées semblent prometteuses [10-12].

Autre point de discussion, cette durée d'impulsion réduite, (550 picosecondes dorénavant pour le picoseconde de Cynosure, 750 pour celui de Cutera), est-elle vraiment si importante ? Elle n'est jamais, pourraient dire certains, que 5 à 100 fois plus courte que celle des lasers nanosecondes. Pour tenter de répondre à cette objection, il suffit à mon sens de comparer deux durées d'impulsions différentes, utilisées sur un même laser à colorant pulsé : dans un cas, il est réglé sur 1,5 milliseconde, dans l'autre sur 20 millisecondes. Est-ce encore le même laser ? À l'évidence, non !

Dans un sens, le débat qui oppose ceux qui considèrent que passer de quelques nanosecondes à des picosecondes n'est pas significatif, et ceux qui pensent qu'il s'agit au contraire d'un réel progrès, rappelle furieusement celui que nous avons connu en 1990, lorsque que les premiers lasers pulsés à colorant sont apparus tentant de supplanter les lasers argon. Certains ont considéré qu'il ne s'agissait que d'un "gadget". On connaît l'issue de ce débat.



FIG. 3 : Exemple de résultat sur un tatouage coloré, comportant du vert, couleur habituellement difficile à traiter. À droite, résultat avec un laser picoseconde (après 3 séances).

Conclusion

Le laser picoseconde est une évolution des lasers Q-switched. Certes, ce n'est pas une "révolution", mais un véritable progrès, mettant à notre disposition des lasers reposant sur une durée d'impulsion réellement optimale, au vu des caractéristiques des chromophores visés.

Évidemment, sur un plan pratique, le point fondamental est la réduction globale de la durée du détatouage : minimiser le nombre de séances et réduire les délais raisonnables entre les séances permet de passer d'une durée de 2 à 3 années, durée trop longue pour de nombreux patients (et première cause évidente d'arrêt du traitement), à environ la moitié. Et cela constitue un authentique et important progrès pour nos patient(e)s !

Bibliographie

- ROSS V, NASEEF G, LIN G *et al.* Comparison of responses of tattoos to picosecond and nanosecond Q-switched neodymium:YAG lasers. *Arch Dermatol*, 1998;134:167-171.
- LUEBBERDING S, ALEXIADIS-ARMENAKAS M. New tattoo approaches in dermatology. *Dermatol Clin*, 2014;32:91-96.
- IZIKSON L, FARINELLI W, SAKAMOTO F *et al.* Safety and effectiveness of black tattoo clearance in a pig model after a single treatment with a novel 758 nm 500 picosecond laser: a pilot study. *Lasers Surg Med*, 2010;42:640-6. doi: 10.1002/lsm.20942.
- BRAUER J, GERONEMUS R *et al.* Successful and Rapid Treatment of Blue and Green Tattoo Pigment With a Novel Picosecond Laser. *JAMA*, pp E1-E4. May 2012.
- DOVER J, ARNDT K. Treatment of Tattoos With a Picosecond Alexandrite Laser: A Prospective Trial. *JAMA*, pp E1-E4. Sept. 2012.
- KILMER S, CUSTIS T. Single vs Repeat Exposure Tattoo Removal during Single Sessions with Picosecond Pulse Duration Laser Technology. ASLMS abstract. 2014.
- SALUJA R. Evaluation of Safety and Efficacy Following Pico-pulsed Alexandrite Laser Treatment to the Solar Lentigines on the Dorsum of the Hand. ASLMS abstract. 2014.
- TANGHETTI E. A Clinical and Histological Study of Skin Treated with a Picosecond Alexandrite Laser Using a Traditional and Fractional Lens Array. ASLMS abstract. 2014.
- TANGHETTI E, TANGHETTI M. Dose Optimization with a Picosecond 755nm Alexandrite Laser For Tattoo Removal. ASLMS abstract. 2014.
- WEISS R, WEISS A, BEASLEY K. Picosecond Laser for Reduction of Wrinkles. ASLMS abstract. 2014.
- MCDANIEL D. Treatment of Facial Photodamage and Rhytides Using a Picosecond Pulsed Alexandrite Laser and Specially Designed Focus Optic. ASLMS abstract. 2014.
- GERONEMUS R *et al.* Diffractive Lens Array with Picosecond Laser for Facial Acne Scarring: Follow up and Histology. ASLMS abstract. 2014.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.