



# Phacoémulsificateurs et nouvelles technologies embarquées

Thierry Amzallag

**L**es phacoémulsificateurs, quelles que soient leurs spécificités, se caractérisent essentiellement par leur hydrodynamique et leur efficacité mécanique. Les nouvelles technologies permettent des améliorations dans ces deux domaines. L'amélioration notable des interfaces des périphériques et de la connectique, bien que moins essentielle, contribue à une meilleure utilisation des machines. Le but de ces innovations est de limiter le traumatisme tissulaire peropératoire, d'accroître la sécurité des procédures, de réduire le temps opératoire et la taille des incisions, et d'améliorer l'ergonomie et la connectique. L'arrivée, il y a maintenant six ans, du laser femtoseconde n'a pas fait disparaître la phacoémulsification mais les caractéristiques seront peut-être modifiées.

## Hydrodynamique

L'hydrodynamique permet le maintien de la chambre antérieure en toutes circonstances et particulièrement lors de la désocclusion (après l'aspiration d'un fragment nucléaire). Que se passe-t-il lors de la désocclusion ? La tubulure, qui était contractée, revient à sa position d'origine, provoquant une dépression relative dans la chambre antérieure. Ce phénomène de collapsus lors de la désocclusion (ou *surge*) peut entraîner des traumatismes tissulaires (figure 1). Les principaux risques sont donc la rupture capsulaire, les traumatismes tissulaires et les brûlures cornéennes. Afin de les limiter, les machines récentes améliorent par différents moyens l'équilibre fluide, ce

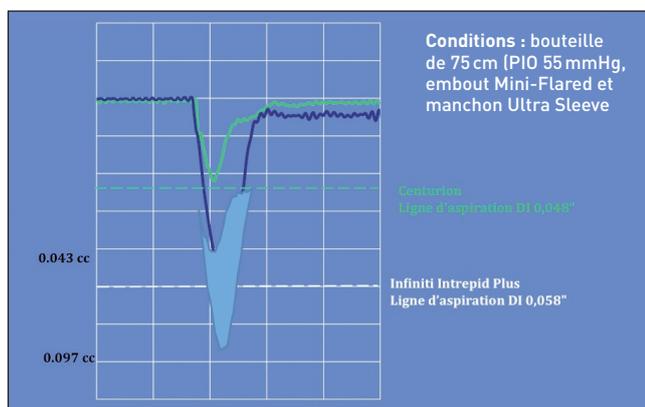


Figure 1. Rupture d'occlusion comparée entre Infiniti et Centurion (Alcon) ; dépression moindre avec Centurion.

Institut ophtalmique, Somain  
Conflits d'intérêt : Alcon, Théa, Cutting Edge

qui permet d'accroître la stabilité de la chambre antérieure. Une meilleure efficacité mécanique réduit la libération de chaleur et limite également les phénomènes d'occlusion.

## Irrigation

Le débit d'irrigation dépend de la hauteur de perfusion et du diamètre de tubulure (figure 2). Si l'on souhaite réduire la taille d'incision et compenser la réduction d'irrigation, deux solutions sont possibles :

- augmenter la hauteur de perfusion, mais cela a des limites ;
- augmenter la pression de perfusion en comprimant le liquide soit par du gaz (technologie Digiflow®, Bausch & Lomb, Visalis 500 Zeiss), soit mécaniquement entre deux plaques métalliques (technologie Active Fluidics™, Alcon) [figure 3]. Ces systèmes de pressurisation constituent un progrès indéniable qui contribue au maintien d'une pression intraoculaire ciblée à l'avance.

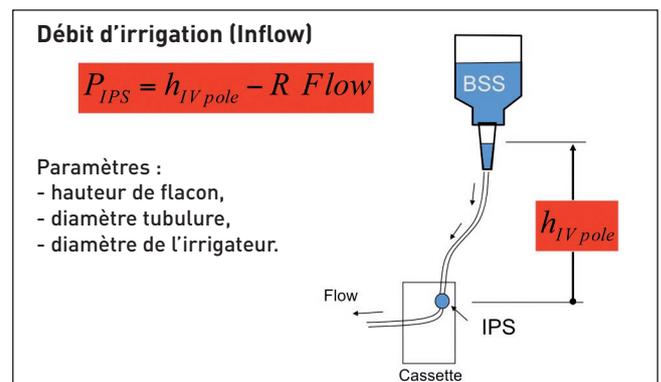
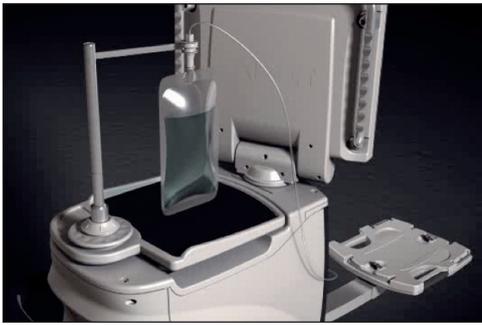


Figure 2. Paramètres d'irrigation gravitationnelle.

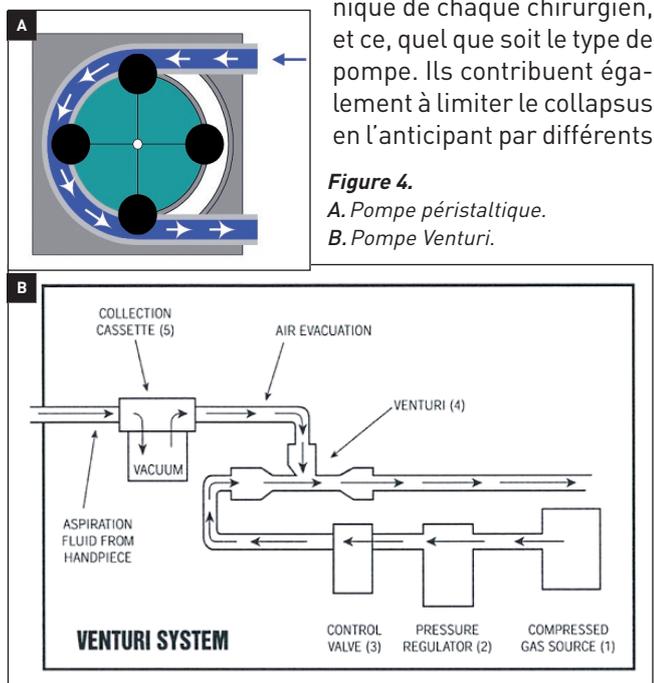


**Figure 3.**  
Technologie  
Active fluidics™  
(Alcon).  
Pressurisation  
de l'irrigation  
par plaques  
métalliques.

## Aspiration : les pompes

Les principaux progrès récents consistent en une augmentation de leur efficacité, de leur réactivité et de leur contribution à un meilleur maintien de la chambre antérieure, particulièrement lors de la désocclusion. Une puissance d'aspiration accrue est d'autant plus nécessaire que les diamètres des pointes et des tubulures se sont réduits pour limiter le collapsus lors de la désocclusion. Les pompes les plus répandues demeurent les pompes péristaltiques (Alcon) entraînées par galets ou les systèmes Venturi (Bausch & Lomb) [figure 4]. Avec les pompes péristaltiques, le vide augmente uniquement lors de l'occlusion ; avec les pompes Venturi, l'augmentation est indépendante de l'occlusion. Parmi les progrès récents, il faut noter que certaines machines sont équipées des deux types de pompes (Signature PRO [AMO], Visalis 500 [Zeiss], OS 4 [Oertli]), avec une cassette unique et qui peuvent être utilisées indépendamment ou alternativement au cours d'une même procédure.

Les principaux progrès résident cependant dans les logiciels qui permettent un ajustement très fin à la technique de chaque chirurgien, et ce, quel que soit le type de pompe. Ils contribuent également à limiter le collapsus en l'anticipant par différents



**Figure 4.**  
A. Pompe péristaltique.  
B. Pompe Venturi.

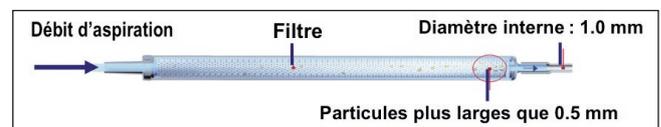
moyens et en ajustant le débit des pompes. Les machines échantillonnent le flux et le vide plusieurs dizaines de fois par seconde. En cas de réduction du flux, elles génèrent un ralentissement de la pompe et donc une réduction du vide, limitant ainsi le *surge*. Le système double linéaire (Dual Linear control, Bausch & Lomb Stellaris Activate, Visalis 500, Zeiss) est programmé pour séparer le vide de la puissance des ultrasons, rendant possible une réduction du vide avant la délivrance des ultrasons.

## Tubulures

Poursuivant le même objectif de maintien de la chambre antérieure, les tubulures se sont rigidifiées (figure 5), le plus souvent par l'augmentation de l'épaisseur des parois et par la réduction du diamètre interne. Il en résulte une moindre déformation lors de la dépression et un moindre collapsus à la désocclusion, mais cela nécessite un accroissement de la puissance d'aspiration et des paramètres d'aspiration : vide et débit de pompe.

## Réducteurs de flux

Toujours dans le même ordre d'idée, les réducteurs de flux sont destinés à limiter les collapsus lors de la désocclusion (figure 5). En réduisant le flux en amont de la tubulure, ils évitent une déformation excessive de celle-ci et limitent donc le collapsus lors du retour de la tubulure à sa forme initiale. Le réducteur de flux Stable-Chamber (Bausch & Lomb, Stellaris Activate) mesure 10 cm et est placé sur la tubulure d'aspiration. Il comprend un système à deux chambres séparées par un filtre cylindrique. Les fragments de noyau sont retenus à l'extrémité distale de chambre centrale alors que le flux de BSS s'écoule à travers l'extrémité proximale du filtre.



**Figure 5.** Système StableChamber (Bausch & Lomb) de restriction de flux.

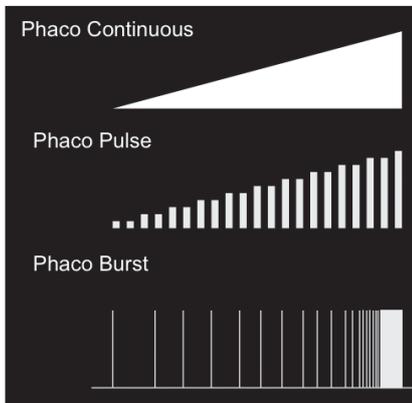
## Pointes

Elles sont très importantes, car elles contribuent par leur dessin interne et externe à l'efficacité mécanique, mais également au maintien de la chambre antérieure, et à la capacité de préhension des fragments. Il existe une multitude de dessins : droit, courbé, Kelman, évasé, *balanced* (double courbure). Ils sont destinés à améliorer l'efficacité et l'ergonomie. Plus les embouts sont longs et fins, plus les résistances au passage du flux sont élevées, et moins le risque de collapsus est important.

## Modes de délivrance des ultrasons

### Continu ou discontinu (figure 6)

La délivrance discontinue des ultrasons est destinée à réduire leurs effets indésirables, principalement thermiques, sans compromettre leur efficacité. Le mode pulse consiste en une délivrance discontinue des ultrasons, avec un cycle actif (ON) de durée égale au cycle non actif (OFF). Du fait de son caractère discontinu, ce mode permet de réduire l'énergie délivrée lors de la procédure pour une efficacité comparable et de limiter ainsi les effets néfastes. Afin d'optimiser encore le mode de délivrance discontinu, les concepteurs ont d'abord fait varier la durée et les proportions des cycles ON et OFF puis les ont rendus variables de manière programmée en fonction de la position de pédale, les pulses devenant de plus en



plus fréquents. Si la durée du pulse est très brève, elle passe en dessous du seuil de relaxation thermique tissulaire, limitant encore le risque de brûlure.

**Figure 6.**  
Modes de délivrance d'ultrasons, continu et discontinu.

### Longitudinal, oscillatoire, ellipse

Le déplacement habituel de la pointe de phacoémulsification est longitudinal et il a été optimisé. Il équipe toutes les machines en dehors de Alcon Infiniti, Centurion et AMO Signature PRO. Le système APC, Zeiss Visalis 500 (Adaptive Power Control) mesure en temps réel l'élongation de la pointe de phacoémulsification et conduit à une délivrance d'énergie optimisée (et variable) quelle que soit la dureté du noyau, permettant une réduction de l'énergie délivrée. Cependant, c'est le mode torsionnel (Alcon, Ozil, Centurion) qui est le plus utilisé en France. La pointe de phaco effectue des oscillations de quelques degrés de part et d'autre de sa position de base. Le cisaillement réduit les répulsions et accroît l'efficacité. Il nécessite l'utilisation d'une pointe courbée de type Kelman pour être plus efficace. Le mode Ozil peut éventuellement être combiné au mode longitudinal dans des proportions variables. Enfin, le système Ellips FX associe un déplacement longitudinal et transversal destiné à accroître l'efficacité mécanique.

## Interfaces et périphériques

La plupart des pédales sont devenus sans fil, plus précis, programmables et multifonctions. Le pédalier du Centurion (Alcon) permet même de commander l'injection d'images dans le microscope LuxOR LX3 (Alcon) à partir du Verion (Alcon). Il est devenu un véritable centre de commande permettant de faire défiler les différentes fonctions liées à l'utilisation d'implants toriques mais également certains paramètres du phacoémulsificateur : aspiration, vide, EPC (*effective phaco time*). Les écrans des phacoémulsificateurs sont plus grands, digitaux, plus complets, plus interactifs. Les télécommandes se sont généralisées, permettant aux chirurgiens d'accéder à de nombreuses commandes et réglages.

### Phacoémulsification sans ultrasons, FLACS (figure 7)

L'arrivée du laser femtoseconde en 2008 devait signer la fin de la phacoémulsification. Six ans plus tard, elle est toujours pratiquée [1] mais la FLACS (*femtosecond laser assisted cataract surgery*) l'a fait évoluer. La FLACS permet essentiellement de réduire les temps d'ultrasons, donc éventuellement de diminuer le traumatisme opératoire. En attendant l'évolution et l'adaptation des machines, des pièces à main spécifiques sont apparues. Bausch & Lomb commercialise une pièce à main d'irrigation-aspiration à usage unique angulée de 30°, conçue pour le retrait du cristallin après la fragmentation par le laser femtoseconde. Son diamètre interne est plus large que celui d'une pièce à main MICS (1,8 - 2,2 mm).



**Figure 7.** Pointe irrigation-aspiration zéro phaco (Bausch & Lomb).

## Conclusion

Les phacoémulsificateurs récents comportent des technologies embarquées permettant d'améliorer l'hydrodynamique, l'efficacité énergétique, l'ergonomie, les interfaces et la connectique. Il en résulte une meilleure efficacité, une plus grande sécurité opératoire et une récupération plus rapide pour le patient. Le laser femtoseconde limite le besoin d'ultrasons et probablement le traumatisme opératoire mais le phacoémulsificateur demeure indispensable.

**Référence bibliographique** [1] Day AC, Gore DM, Bunce C, Evans JR. Laser-assisted cataract surgery versus standard ultrasound phacoemulsification cataract surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;7:CD010735.