

# Phacoémulsification

S. Milazzo, P. Laurans, P. Turut

*La phacoémulsification est la méthode de référence d'extraction extracapsulaire du cristallin dans les pays industrialisés. Le principe de fonctionnement est une vibration d'une sonde dans la fréquence des ultrasons combinée à un système d'irrigation-aspiration. Les avantages d'une incision courte sont une cicatrisation rapide et une diminution de l'astigmatisme qui ont beaucoup contribué à développer la prise en charge sur un mode ambulatoire. Les implants souples pliables ou injectables sont mis en place à travers ces incisions. Après une courbe d'apprentissage, la phacoémulsification est une méthode sûre de traitement de la cataracte, les complications spécifiques liées à cette méthode sont pressenties. Les différentes fonctions du phacoémulsificateur, les temps chirurgicaux successifs sont ici largement illustrés.*

© 2005 Elsevier SAS. Tous droits réservés.

**Mots clés :** Ultrasons ; Irrigation-aspiration ; Implants souples

## Plan

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| ■ Introduction                               | 1  |
| ■ Généralités                                | 1  |
| Avantages de la phacoémulsification          | 1  |
| Désavantages de la phacoémulsification       | 2  |
| Sélection du patient                         | 2  |
| ■ Anesthésie                                 | 2  |
| Anesthésie générale                          | 2  |
| Anesthésie locale                            | 2  |
| ■ Principes de fonctionnement de la machine  | 2  |
| Fonction ultrasons (US)                      | 3  |
| Fonction irrigation (I)                      | 4  |
| Fonction aspiration (A)                      | 5  |
| Autres fonctions                             | 5  |
| Embouts                                      | 6  |
| Pédale de commande                           | 6  |
| ■ Bases techniques de la phacoémulsification | 6  |
| Incisions                                    | 6  |
| Substances viscoélastiques                   | 7  |
| Capsulorhexis                                | 7  |
| Difficultés                                  | 8  |
| Traitement hydrique                          | 9  |
| Traitement du noyau                          | 9  |
| Aspiration des masses                        | 12 |
| Implants                                     | 13 |
| Aspiration du PVE                            | 14 |
| Fermeture de l'incision                      | 14 |
| ■ Complications de la chirurgie              | 15 |
| Complications précoces                       | 15 |
| Complications tardives                       | 17 |
| ■ Futur de la phacoémulsification            | 18 |
| ■ Conclusion                                 | 18 |

## ■ Introduction

La phacoémulsification décrite par Kelman en 1967 <sup>[1]</sup> est une technique mécanisée d'extraction extracapsulaire basée sur la fragmentation du noyau cristallinien à travers une incision étroite. Elle entraîne peu de modifications de l'astigmatisme préopératoire. La cicatrisation est plus rapide, le globe oculaire plus solide et la réhabilitation fonctionnelle plus précoce.

C'est une chirurgie pratiquée sous pression positive, ce qui évite le collapsus oculaire peropératoire. En revanche, elle impose un certain coût de maintenance puisqu'il s'agit d'une chirurgie dépendante d'une technologie de plus en plus performante et d'une parfaite connaissance du matériel avec ses paramètres chirurgicaux adaptés au type de cataracte et de chirurgien.

Les progrès les plus récents portent sur l'amélioration des machines, sur la réalisation du capsulorhexis avec colorant vital de la capsule antérieure, la technique du phaco chop pour le traitement du noyau et le développement de nouveaux appareils.

Dans tous les cas, il s'agit d'une chirurgie rapide, reproductible, réalisée sous anesthésie de contact ou locale et qui aboutit à la généralisation de la chirurgie ambulatoire.

C'est la chirurgie de la cataracte utilisée communément dans les pays industrialisés. <sup>[2]</sup> En France, toutes disciplines confondues, c'est l'acte chirurgical supérieur à KC50 le plus fréquemment pratiqué (environ 450 000 par an)

## ■ Généralités

### Avantages de la phacoémulsification

Parce que la phacoémulsification permet des petites incisions, cette technique offre de nombreux avantages :

- un excellent contrôle de la chambre antérieure pendant l'acte chirurgical ;
- le maintien de la pression intraoculaire sans phénomène de dépression, ce qui évite les complications de l'hypotonie en

particulier hémorragiques : en cas d'effraction de la capsule postérieure il y a moins de risque d'issue de vitré si la pression intraoculaire est maintenue ;

- la réhabilitation visuelle après une chirurgie par petite incision est beaucoup plus rapide qu'après une large incision qui induit un astigmatisme obérant la récupération visuelle.

De plus, cette petite incision est un gain de temps dans la mesure où la suture n'est pas indispensable puisqu'il s'agit d'une incision souvent autoétanche.

En cas de complications postopératoires à type de décollement de rétine ou d'hémorragie de vitré, les autres voies d'abord chirurgicales peuvent être envisagées de façon tout à fait sûre parce que la paroi oculaire est beaucoup plus solide.

## Désavantages de la phacoémulsification

Ce procédé relève d'une technologie très précise qui peut intimider de nombreux chirurgiens habitués à la technique en extracapsulaire. Le chirurgien doit bien connaître la machine et l'apprentissage se fait progressivement étape par étape.

Le coût de la machine est élevé ainsi que sa maintenance et l'instrumentation, ce qui en a limité l'emploi aux pays industrialisés.

En conclusion, la stérilisation et la maintenance de l'appareil nécessitent un coût et une formation chirurgicale et technique.

## Sélection du patient

Les critères de sélection dépendent essentiellement de la qualification du chirurgien. Les patients avec désinsertion zonulaire de plus de 180° ou les ectopies cristalliniennes doivent être envisagés en extracapsulaire par voie d'abord antérieure, par voie postérieure par la pars plana ou par technique intracapsulaire.

## ■ Anesthésie

Les techniques d'anesthésie évoluent avec la phacoémulsification pour permettre de réaliser le geste chirurgical avec un maximum de confort pour le patient comme pour le chirurgien.

Le choix de la technique d'anesthésie doit se faire après concertation des différents protagonistes à savoir : le patient, le chirurgien et l'anesthésiste. Une évaluation optimale de la coopération du patient est nécessaire. [3]

Des impératifs chirurgicaux (luxation du cristallin, cataracte traumatique, myopie maligne) ou les antécédents médicaux (anticoagulants, patients diabétiques) du patient doivent nous orienter vers une anesthésie plus ciblée pour le confort de tous.

Une information éclairée sur les avantages, les inconvénients et les risques de chaque méthode doit être apportée au patient lors de la consultation préanesthésique obligatoire.

La signature d'un document de consentement éclairé permet de finaliser cette relation médecin-patient.

Quel que soit le type d'anesthésie envisagé, une installation soignée du patient (table en léger proclive), un monitoring du patient comprenant la tension artérielle et un cardioscope et la pose d'une perfusion sont nécessaires.

## Anesthésie générale

Ses indications résultent des contre-indications absolues ou relatives de l'anesthésie locale : chirurgie de l'enfant, longueur axiale supérieure à 27 mm, patients déments, claustrophobes et dans tous les cas où un contact verbal ne peut être établi avec le patient.

L'utilisation raisonnée des produits d'anesthésie est compatible avec une chirurgie ambulatoire. [4]

## Anesthésie locale

Le choix de l'anesthésie locale doit prendre en compte la difficulté du geste chirurgical et la possibilité de gérer les problèmes de la dilatation pupillaire (utilisation des écarteurs à

iris) ainsi que la rupture capsulaire postérieure toujours possible avec nécessité d'une éventuelle vitrectomie antérieure.

Un mauvais choix peut entraîner la nécessité d'un complément durant la chirurgie à globe ouvert avec les risques que ces manœuvres comportent.

Une sédation peropératoire peut être associée à des morphiniques, de propofol ou de midazolam. Cependant, l'utilisation de ces produits peut entraîner des troubles cardiorespiratoires inopinés ou une agitation incoercible du patient. [5]

## Anesthésie rétrobulbaire

Elle consiste en une injection du produit anesthésique dans le cône musculoaponévrotique. Cette technique donne la meilleure combinaison anesthésie-akinésie en association avec une compression du globe durant son installation (ballon de Honan). [6]

Les risques de perforation du globe, de lésions vasculonerveuses et de diffusion encéphalique du produit, ont conduit à réduire ses indications.

## Anesthésie péribulbaire

Il s'agit actuellement de la technique de référence par infiltration du ou des produits dans l'espace péribulbaire. Les techniques d'injection sont multiples, les produits variables (mélange lidocaïne 2 %, bupivacaïne 0,5 %, mépivacaïne, étidocaïne 1 %, ropivacaïne 1 %) et le volume injecté doit éviter l'hyperpression dans le globe. Le risque de perforation du globe est faible mais non nul. L'arrêt de l'utilisation de la hyaluronidase a diminué l'efficacité et la rapidité d'installation de ce bloc.

## Anesthésie sous-ténonienne

Elle consiste à injecter l'anesthésique en sous-ténonien dans un quadrant du globe à 5 mm du limbe après réalisation au ciseau d'une boutonnière conjonctivale. [7]

L'analgésie est confortable mais l'akinésie absente.

## Anesthésie topique pure

L'utilisation de la topique pure ne doit se faire que pour des patients bien sélectionnés, avec une chirurgie rapide sans complications.

Elle est mise en œuvre par l'instillation sur la cornée et dans les culs-de-sac conjonctivaux de gouttes d'anesthésique type oxybuprocaine et tétracaïne. Cette analgésie de la cornée et de la conjonctive est limitée dans le temps et permet une chirurgie rapide exempte de complications sur un patient très coopérant avec une dilatation pupillaire optimale. L'akinésie est absente. Son caractère incomplet est rapporté par de nombreux patients qui ressentent les manœuvres de « *cracking* », les variations de pression en chambre antérieure et l'arrosage de la cornée. [8] C'est pour ces raisons que de nouvelles techniques se sont développées.

## Anesthésie topique améliorée

Instillation préopératoire de gel de lidocaïne à destination urologique (gel urétral) en cours d'évaluation et hors autorisation de mise sur le marché (AMM) pour le moment.

Injection intracaméculaire de lidocaïne 2 % sans conservateur pour insensibiliser l'iris.

Injection de produit viscoélastique (PVE) avec lidocaïne (Visthésia®).

La combinaison de ces différentes techniques est possible pour une analgésie optimale.

L'anesthésie lors de la chirurgie de la cataracte doit être optimale pour le patient et le chirurgien. La réalisation d'une anesthésie topique, en vogue actuellement, ne doit se faire que pour des patients sélectionnés.

## ■ Principes de fonctionnement de la machine

La connaissance du fonctionnement de la machine est indispensable pour maîtriser parfaitement la technique de

phacoémulsification. Le phacoémulsificateur comporte un générateur à ultrasons, une pompe d'aspiration et un système d'irrigation.

## Fonction ultrasons (US)

### Pièce à main

Dans la pièce à main du phacoémulsificateur se situe une sonde qui va vibrer de manière linéaire dans la gamme ultrasonique. Elle agit comme un marteau piqueur pour émulsifier le noyau. Cette vibration mécanique dépend d'un signal ultrasonique situé dans la console.

La fréquence de ces ultrasons est déterminée par le fabriquant dans chaque machine, elle est relativement fixe selon les appareils aux environs de 40 kHz : [9] la mise en phase de la sonde avec l'appareil doit se répéter à chaque changement d'embout : c'est le « *tuning* ».

L'amplitude des oscillations va augmenter le déplacement longitudinal de l'extrémité de la sonde en titane de 70 à 150 µm : ce paramètre détermine la puissance des US, s'exprime en pourcentage par rapport au maximum possible, et se contrôle à la pédale en position 3.

Le transducteur qui transforme le courant alternatif en oscillations longitudinales de la sonde fait appel dans les modèles actuels à l'effet piézoélectrique (déformation d'un cristal de quartz)

Cette sonde comporte deux extrémités : une fixe, incorporée dans la pièce à main, et l'autre équipée d'un embout qui reçoit une canule en titane, biseautée, recouverte d'une gaine en silicone pour éviter les phénomènes d'échauffements cornéens.

Le déplacement latéral de la canule peut être à l'origine de phénomènes de cavitation avec formation de bulles dans la chambre antérieure, gênante pour la bonne visualisation de la phacoémulsification. Ils sont liés au mauvais serrage de la canule ou aux turbulences du flux liquidien d'irrigation à l'intérieur du manchon de silicone.

### Puissance des ultrasons

L'énergie mécanique provient de la transformation de l'énergie électrique et va provoquer un déplacement longitudinal de l'extrémité de la sonde de 70 à 150 µm.

Il vaut mieux utiliser le moins possible d'énergie ultrasonique pour avoir moins d'effets de cavitation et de déperdition calorifique qui peuvent être à l'origine de brûlure et de nécrose tissulaire, en particulier au niveau de l'incision cornéenne.

## Différents modes d'ultrasons

### Mode continu

Le plus utilisé car il écourte les temps opératoires. Il peut être fixe ou linéaire.

Fixe (ou *panel*) : toute l'énergie affichée est envoyée quand la pédale est en position 3. C'est le mode préconisé pour les opérateurs débutants qui ne maîtrisent pas encore parfaitement l'usage de la pédale.

Linéaire (ou *surgeon*) : plus on appuie sur la pédale en position 3, plus l'amplitude des ultrasons augmente jusqu'à la puissance affichée à l'écran

### Mode pulse et burst

Il permet d'intercaler des phases d'irrigation-aspiration seules dans la fonction ultrasonique. On règle le temps d'ultrasons (temps ON) et d'irrigation-aspiration (temps OFF). Ce paramétrage est très utile quand il s'agit de découper un noyau dur car il diminue la quantité d'énergie totale dispensée et/ou évite des dépressions brutales de la chambre antérieure. Le mode pulsé permet de dégager de manière plus progressive le matériel qui obstrue l'embout de la sonde. Plus utilisés depuis la technique bimanuelle, leur fréquence est en général réglée entre 12 et 20 pulses par minute.

## Nouvelles techniques ultrasoniques

### Phacoémulsification bimanuelle

Le but de cette technique récente consistant à pratiquer une phacoémulsification du cristallin à partir d'incisions inférieures ou égales à 1,5 mm est de réduire l'astigmatisme induit par la chirurgie. Elle ne présente donc d'intérêt qu'en cas d'astigmatisme préopératoire inférieur à 1 dioptrie.

Cette technique a été rendue possible grâce à une amélioration des performances thermiques et hydrodynamiques des machines permettant d'éviter une brûlure de la porte d'entrée de la sonde US.

Il a été nécessaire également de mettre au point des implants et des injecteurs permettant de ne pas avoir à élargir l'incision de 1,5 mm.

Plusieurs machines actuelles permettent de pratiquer cette méthode grâce à l'amélioration technique des transducteurs et des pompes. Les modes pulsés et burst qui étaient surtout utilisés pour les noyaux durs en réduisant le risque de brûlure sont indispensables pour l'utilisation de cette procédure.

Il est également indispensable d'avoir une pièce à main d'irrigation spécifique qui permette de maintenir une profondeur stable de la chambre antérieure.

Les pièces à main d'irrigation et de phacoémulsification ont un diamètre externe de 0,9 mm. Les deux ou l'unique orifice de la pièce à main d'irrigation sont larges et disposés latéralement à l'extrémité de la sonde pour permettre un débit d'irrigation maximal. Plusieurs modèles de sondes sont disponibles avec des embouts adaptés aux différentes techniques de traitement du noyau.

Les incisions de 1 à 1,5 mm de diamètre sont pratiquées à l'aide de couteaux de 1,5 mm calibrés au diamètre des sondes. Elles sont habituellement légèrement tunnelliées et placées sur les méridiens de 2 heures et 10 heures.

L'injection d'un viscoélastique cohésif peu dense est suffisante pour maintenir la profondeur de la chambre antérieure en raison de la petite taille des incisions.

Le capsulorhexis peut présenter une certaine difficulté pour un chirurgien habitué à le pratiquer avec une pince à capsulorhexis qui est inutilisable par une incision aussi courte. Le capsulorhexis doit être fait à l'aiguille coudée ou avec une pince à commande distale.

L'hydrodissection est facilitée par une vidange partielle du viscoélastique.

La sonde d'irrigation est introduite en premier pour éviter un collapsus ou un traumatisme lors de l'introduction de la sonde à ultrasons.

Une fuite modérée par l'incision de phacoémulsification permet de réduire l'échauffement de la sonde US.

Les techniques habituelles de traitement du noyau peuvent être utilisées en bimanuel.

Les paramètres de la machine doivent être adaptés :

- mode pulsé ou burst ;
- débit élevé ;
- vide supérieur à 200 mmHg en cas d'utilisation de l'occlusion pour le traitement des noyaux durs.

L'irrigation-aspiration du cortex et le polissage de la capsule sont facilités par la technique bimanuelle en inversant les sondes pour accéder aux fibres corticales situées en regard des incisions.

Le choix d'implants injectables par une incision de 1,5 à 2 mm reste encore limité (Ultrachoice<sup>1,0</sup>, Acriflex 46 CSE, Acrismart). Il s'agit d'implants monoblocs en acrylique hydrophile de 5,5 mm de diamètre d'optique et 11 ou 11,2 mm d'haptique. D'autres implants sont en cours d'évaluation.

Cette nouvelle technique nécessite une phase d'apprentissage et au moindre doute sur un début de brûlure ou de difficulté de régulation hémodynamique, il ne faut pas hésiter à convertir en phacoémulsification classique.

En cas de rupture capsulaire avec issue de vitré, la vitrectomie peut être pratiquée en séparant l'irrigation coaxiale du vitréotome, mais il sera de toute façon nécessaire d'élargir à 3,2 mm ou plus pour mettre un implant pliable classique.

Il s'agit d'une technique de phacoémulsification réfractive intéressante dont le développement dépendra essentiellement de celui des implants adaptés à ces mini-incisions. [10]

### Mode Neosonic

L'embout US possède ici une fonction oscillatoire de basse fréquence s'associant ou non à des hautes fréquences standards ultrasoniques.

Il nécessite une pièce à main spécifique. [11]

La fréquence oscillatoire est variable et réglable en fonction de la technique choisie par le chirurgien.

Cette technique permet d'augmenter l'efficacité des ultrasons et d'en diminuer le temps afin de réduire ses effets délétères (essentiellement thermiques).

### Sonic phacoemulsification (Star Wave)

Technologie sonore non ultrasonique, elle utilise des fréquences comprises entre 40 et 400 Hertz. [11]

Le matériel cristallin est fragmenté et non émulsifié, ce qui engendre une limitation de l'effet thermique.

Une même pièce à main peut être utilisée dans les deux types de fonction sonore ou ultrasonique et chacune d'elles peut l'être en même temps avec des proportions choisies en fonction de la dureté du noyau.

La machine est équipée du système Coiled Super Vac Tubing qui utilise des niveaux de vide atteignant 650 mmHg d'aspiration.

L'amélioration des machines a permis une phacoémulsification par incision de 1,5 mm en utilisant une irrigation séparée avec une pièce à main IA spécifique.

La même machine peut être utilisée pour une phacoémulsification bimanuelle ou classique et elles sont équipées du mode pulse en fonction ultrasons.

La dureté du pulse est réduite ainsi que le risque d'échauffement.

### Nouvelles techniques non ultrasoniques

#### Aqualase

L'aqualase est une technologie utilisant la projection de liquide sur le cristallin afin de le fragmenter.

Les avantages espérés d'une telle technologie sont la diminution du risque de lésions thermiques, en particulier cornéennes, la diminution du risque de rupture capsulaire postérieure, la réduction de la fréquence d'opacification capsulaire postérieure par le biais d'un meilleur polissage, ainsi que la réduction des turbulences en chambre antérieure.

On peut ainsi réaliser une fragmentation du cristallin par « hydrodélamination » ou encore une « émulsification » quand l'occlusion est maintenue.

Il s'agit d'une technologie réservée aujourd'hui à des cataractes dont la dureté n'excède pas le grade III.

De nombreux réglages sont possibles tels la magnitude (équivalent de la puissance en ultrasons), le nombre de pulses/seconde ou encore les paramètres hydrodynamiques. [12]

#### Catarex

Il s'agit d'une technique en cours d'évaluation basée sur la création d'un vortex fluide par injection de liquide à 7 000 rotations par minute. [11]

C'est ce vortex qui liquéfie le cristallin et permet ensuite son aspiration.

Cette procédure se réalise évidemment dans le sac capsulaire en monomanuel après réalisation d'un capsulorhexis de petite taille de 1 à 2 mm.

#### Phacolasers

La fragmentation du noyau est réalisée par un faisceau laser pulsé (1064 nm ou 2940 nm) qui après réflexion sur une plaque métallique crée un plasma qui génère à son tour une onde de choc. [13] Cette dernière peut apparaître au bout de la sonde ou à distance avec les risques qui en découlent.

La sécurité thermique de ces machines semble correcte mais les noyaux durs ne peuvent être traités. [14]

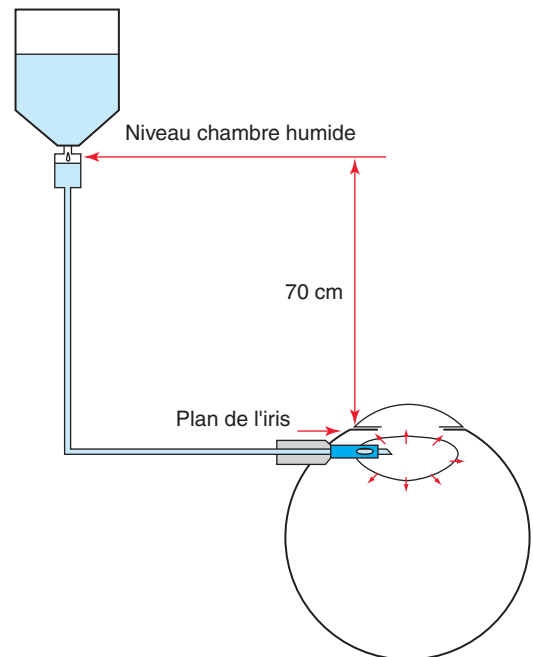


Figure 1. Équilibre de pression.

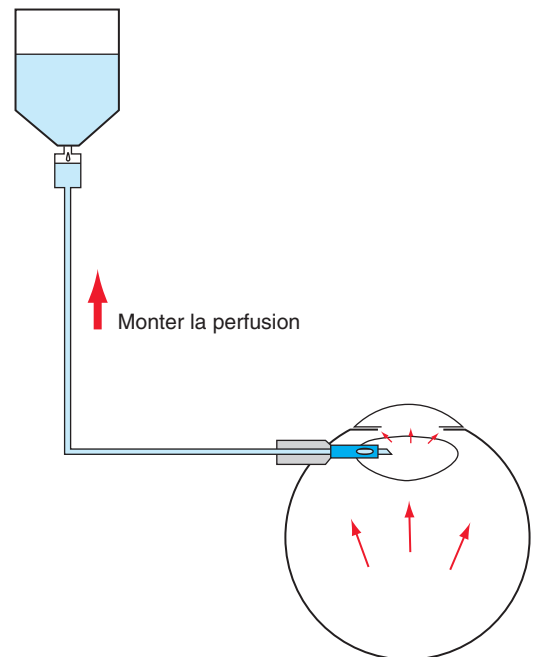


Figure 2. Pression positive.

## Fonction irrigation (I)

Le branchement d'un flacon de perfusion sur la sonde permet de garder un volume oculaire constant.

L'irrigation de la chambre antérieure dépend de deux facteurs principaux.

La hauteur de flacon par rapport au plan de l'iris. En règle générale, cette hauteur est de 70 cm (Fig. 1). Elle peut être augmentée en cas de chambre antérieure étroite (Fig. 2) ou abaissée aux environs de 30 cm en cas de hernie irienne (Fig. 3), de rupture capsulaire intravitréenne (Fig. 4), ou pour l'aspiration du PVE après mise en place de l'implant.

L'espace d'irrigation à l'intérieur du manchon en silicone peut varier en fonction :

- du diamètre de la sonde en titane (0,9 mm ou 1,1 mm) ;
- de la forme de l'extrémité de la sonde en titane ;
- du diamètre de la gaine en silicone (1,8 ou 2 mm).

La taille de la porte d'entrée.



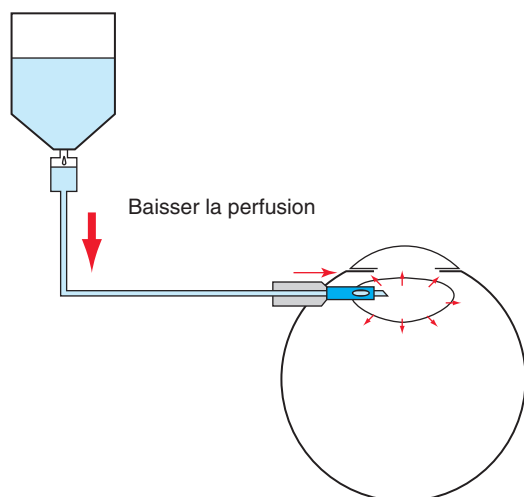


Figure 3. Chambre antérieure trop profonde, hernie de l'iris.

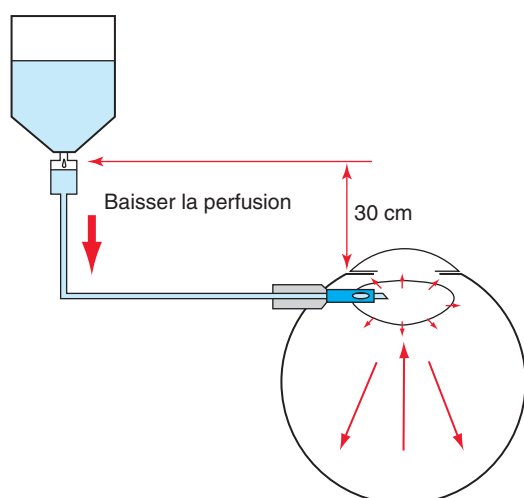


Figure 4. Rupture capsulaire.

Une porte d'entrée trop étroite comprime le manchon en silicone et rend l'irrigation moins efficace avec des risques d'échauffement cornéen.

Une porte d'entrée trop large est à l'origine de fuites liquidiennes et d'effacement de la chambre antérieure.

## Fonction aspiration (A)

L'aspiration dépend de deux facteurs : le chirurgien les choisit et les affiche sur l'écran du phacoémulsificateur.

Le *niveau de pression* de vide (*vacuum level*) exprimé en mmHg. C'est la force d'aspiration exercée sur le fluide dans la tubulure. Le niveau de pression est soit constant (*panel*), soit contrôlé par le chirurgien (linéaire).

Le *débit d'aspiration* (*flow rate*), exprimé en ml/min. C'est la vitesse de déplacement d'une certaine quantité de fluide dans la tubulure.

Le flux, c'est-à-dire le volume d'échange des fluides, est déterminé par ces deux paramètres dont l'interaction est très différente selon les systèmes de pompe.

## Pompes

### Pompe péristaltique (Fig. 5)

La pompe est constituée par une roue garnie de galets sur sa circonférence qui comprime la tubulure remplie du liquide d'aspiration enroulée autour de la roue. Sa rotation entraîne un volume constant de fluide dans le tuyau d'aspiration et crée un vide, lors de l'occlusion de l'embout de la sonde en titane.

Ce système de pompe est de très loin le plus utilisé sur les machines actuelles en raison de sa souplesse liée à la possibilité d'agir indépendamment sur deux paramètres de réglage :

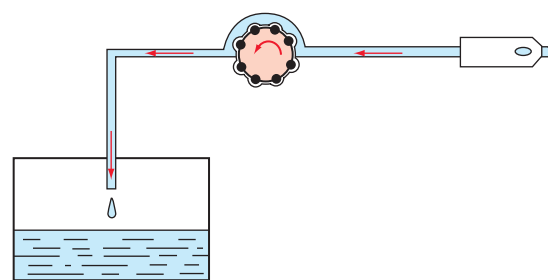


Figure 5. Pompe péristaltique.

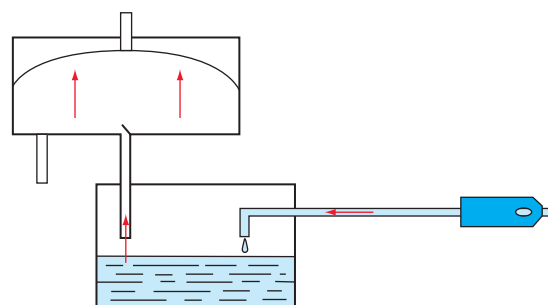


Figure 6. Pompe à diaphragme.

- le débit d'aspiration va dépendre de la vitesse de rotation de la roue. C'est lui qui assure l'évacuation des fragments lors de la découpe de lamelles de noyau pour créer un sillon. Cette manœuvre peut être effectuée avec un vide nul ou minimal ;
- la pression de vide ne devient effective que lorsque l'orifice d'aspiration est obturé. La roue continue à tourner et entraîne un collapsus progressif du tuyau d'aspiration. Le vide va augmenter jusqu'au niveau de pression affiché tant que durera l'occlusion ou jusqu'à ce que l'obstacle soit levé et entraîné dans la tubulure. Il se produit alors une montée subite du flux, une chute de la pression de la chambre antérieure d'autant plus importante que le niveau de vide atteint est élevé et que la surface de la section de la sonde est plus large. Il y a alors un risque d'effacement de la chambre antérieure et blessure capsulaire postérieure.

Lors de l'occlusion, le débit d'aspiration va intervenir sur la vitesse de montée de pression de vide.

Le débutant devra éviter d'afficher une pression de vide élevée comme d'utiliser des sondes de grand diamètre (1,3 mm) et biseautées (45° ou plus).

La circulation des fluides a été nettement améliorée ces dernières années. Les temps de montée en vide diminués associés à une augmentation rapide de pression d'aspiration, pouvant atteindre plus de 700 mmHg et des débits de pompe à 100 ml/min permettent de travailler dans des conditions de sécurité accrues. [11] La pompe Concentrix constitue une nouvelle variante de la pompe péristaltique.

### Pompes à diaphragme et Venturi

Elles s'adressent plutôt à des chirurgiens entraînés dans la mesure où il faut contrôler parfaitement la pédale.

Le principe de la pompe à diaphragme repose grossièrement sur celui de la pompe à vélo. Le vide est créé par un piston sur une membrane flexible (Fig. 6).

La pompe Venturi (Fig. 7) fonctionne selon le principe du vide chirurgical de la même manière que les systèmes d'aspiration sur les robinets de laboratoires de chimie. À la place de l'eau courante, un gaz comprimé est dirigé à travers une ligne d'aspiration créant ainsi une dépression.

Ses principaux avantages sur la pompe à diaphragme sont sa montée en pression plus rapide et son silence.

## Autres fonctions

### Fonction reflux

Le reflux est destiné avant tout à repousser une structure qui aurait été malencontreusement aspirée.

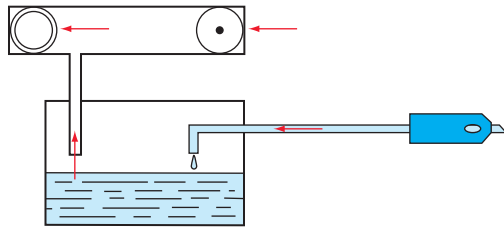


Figure 7. Pompe Venturi.

Un mini-reflux intervient à chaque arrêt de l'irrigation par simple compression du galet d'arrêt sur la colonne d'infusion (Venting).

Un reflux actif plus important peut être assuré par dérivation ou inversion de pompe.

L'utilisation du reflux peut avoir également un intérêt lors de l'introduction de la canule dans une chambre antérieure étroite, il permet de repousser l'iris qui a souvent tendance à entrer en contact avec la sonde.

### Fonction diathermie bipolaire

Peu utilisée depuis la généralisation de l'incision cornéenne, elle se présente soit sous forme de stylet à cautérisation pour l'hémostase sclérale, soit sous forme de pinces bipolaires pour une fermeture conjonctivale en fin d'intervention.

### Fonction vitrectomie

La machine à pompe péristaltique possède habituellement un vitréotome à double voie permettant une vitrectomie antérieure.

Certains systèmes modulables, en particulier ceux à pompe Venturi, possèdent des fonctions plus complexes pour la vitrectomie postérieure avec des ciseaux pneumatiques, une endo-illumination, une endodiathermie, un échange liquide-air. Il s'agit en réalité de machines destinées principalement à la chirurgie du segment postérieur sur lesquelles est adapté un module de phacoémulsification.

### Embouts

#### Manchon en silicone

Standard de 2 mm de diamètre, il est percé de deux ouïes pour l'irrigation, positionnées latéralement par rapport à l'orifice terminal d'aspiration. Il existe également dans un diamètre inférieur pour des incisions plus étroites.

#### Canule à ultrasons

Elle est en titane, métal plus léger et plus résistant que l'acier. Son diamètre externe est de 1,1 mm en standard et son extrémité est biseautée, l'angulation est de 30 ou 45°. L'embout de 0° est peu utilisé. Plus l'angulation est importante, meilleure est la coupe mais plus il est difficile d'obtenir une occlusion ; le meilleur compromis est une angulation de 30°. Des canules plus fines (0,9 mm) sont disponibles. Elles améliorent le flux d'irrigation mais nécessitent des pressions de vide plus importantes. Il existe également des canules évasées à leur extrémité. Ces embouts Flared ont une forme en tromblon et augmentent la force d'aspiration à leur extrémité.

L'orifice de la sonde en titane doit dépasser d'environ 1 mm du manchon en silicone.

Pour des noyaux durs, il est préférable de majorer la sortie de l'extrémité de la sonde d'environ 2 mm.

Enfin, se développe la mise sur le marché de microembouts, surtout depuis l'essor de la phacoémulsification bimanuelle. Leur taille est de 1,1 à 1,3 mm. Avec la réduction de la taille de l'incision, le volume de la chambre antérieure reste plus stable et le risque de surge est diminué.

L'embout de type ABS possède un orifice secondaire à effet antiocclusif, puisqu'il provoque une perfusion de BSS évitant le collapsus. [15]

#### Canule à irrigation-aspiration

Elle est percée d'un orifice de 0,3 mm disposé latéralement par rapport à l'extrémité mousse.

Elle peut être droite, angulée ou articulée facilitant l'aspiration des masses en regard de l'incision.

### Pédale de commande

En plus des fonctions supplémentaires accessoires, tel le reflux commandé à partir de taquets situés latéralement, la pédale comporte quatre positions selon le degré de pression du pied :

- position 0 : pas d'infusion ;
- position 1 : irrigation ;
- position 2 : irrigation-aspiration ;
- position 3 : irrigation-aspiration, ultrasons.

La fonction linéaire n'existe qu'en position 3 pour la puissance de fragmentation avec la pièce à main à ultrasons et en position 2 pour le débit maximal d'aspiration avec la pièce à main d'irrigation-aspiration.

La position active de reflux est assurée par un taquet latéral de la pédale.



## ■ Bases techniques de la phacoémulsification



### Incisions

L'avantage de la phacoémulsification est la rapidité de la réhabilitation fonctionnelle par la petite taille de l'incision car l'astigmatisme postopératoire induit est réduit.

#### Principes de l'incision

Quel que soit son point de départ, l'incision doit être prolongée dans les lames cornéennes. L'ouverture de la chambre antérieure est pratiquée entre 1 et 2 mm du limbe anatomique, ce qui correspond au départ de la cornée claire visible au-delà des arcades vasculaires limbiques. L'incision doit être courte et autoétanche.

Trop postérieure, elle peut être à l'origine d'un chémosis hydrique, d'hémorragies et de prolapsus irien. Trop antérieure, elle entraîne des plis radiaires cornéens à partir de la porte d'entrée et des difficultés de visualisation en regard.

Son siège doit se choisir en fonction de l'astigmatisme préopératoire.

#### Incision de service (Fig. 8)

C'est une incision cornéenne de 1 mm de large, oblique dans le plan cornéen, pratiquée à l'aide d'une lame de 15° (type Beaver®). Elle est située à 80° environ sur la gauche ou la droite de l'incision prévue de phacoémulsification selon la latéralisation de l'opérateur. Réalisée en premier temps chirurgical, elle permet le passage du micromanipulateur dans la technique bimanuelle. Elle est réalisée en début d'intervention avant l'incision cornéenne.

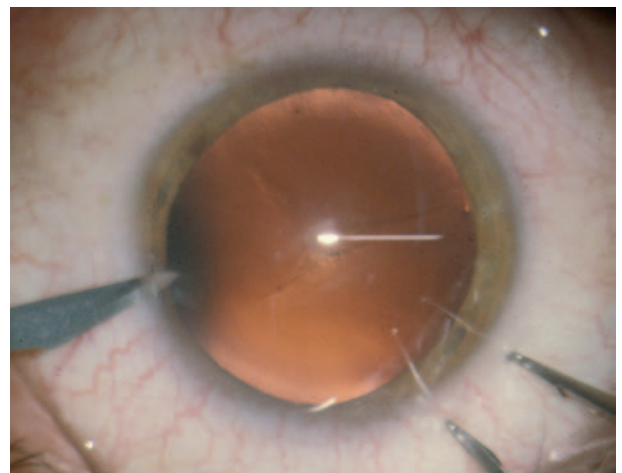
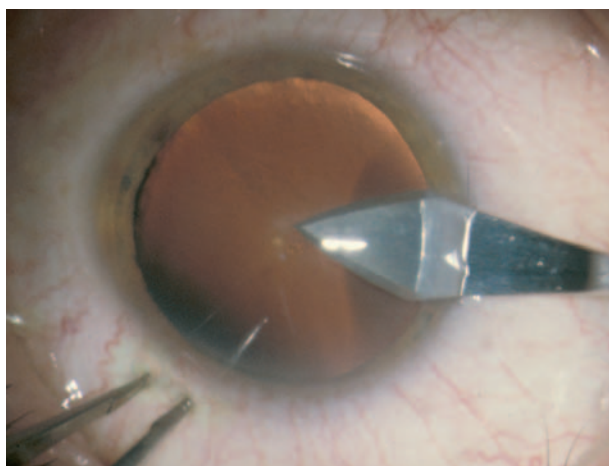
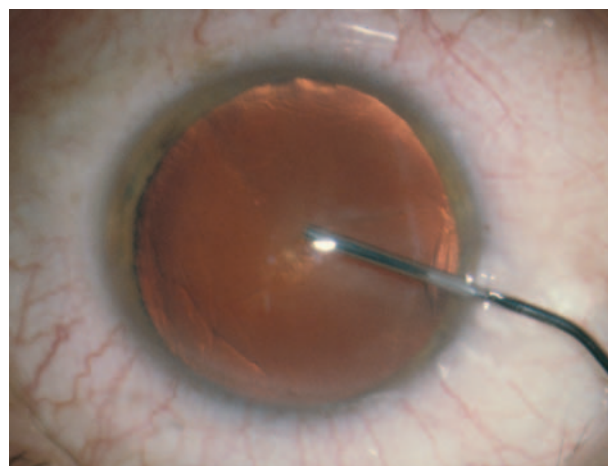


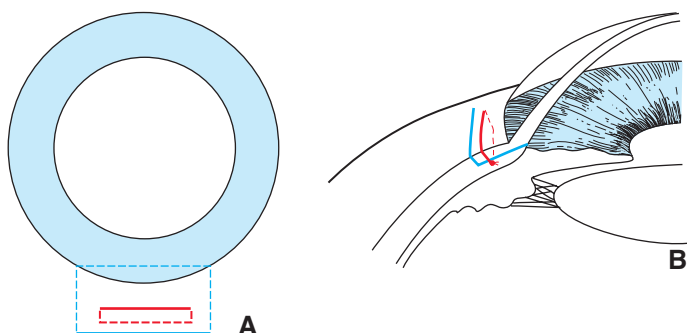
Figure 8. Incision de service.



**Figure 9.** Incision cornéenne pour la phacoémulsification.



**Figure 11.** Injection d'un viscoélastique dispersif.



**Figure 10.** Incision sclérale et suture tangentielle (« one stitch »).

### Incision cornéenne (Fig. 9)

Début en pleine cornée juste en avant ou au niveau du limbe cornéen anatomique. Directe ou en marche d'escalier, elle conserve le principe du tunnel dans un but d'autoétanchéité permettant l'abstention de suture. Sa longueur est de 1,5 à 3 mm. Sa largeur est celle de la sonde de phacoémulsification, soit de 2,8 à 3,2 mm, réalisée par un couteau précalibré. L'abord est préférentiellement temporal car l'apex cornéen est plus éloigné du limbe temporal, ce qui minimise l'astigmatisme induit.

L'avantage de ce type d'incision est sa rapidité, l'absence de saignement et de gêne à la réalisation du geste chirurgical. La suture n'est pas obligatoire puisque l'incision est autoétanche.

Lorsqu'un astigmatisme important préexiste, il est préférable d'aborder sur l'axe du méridien le plus courbe. L'incision sera alors la plus proche du limbe et plus large.

### Incision sclérale

Réalisée en marche d'escalier comme un volet de trabéculéctomie, elle présente un premier segment perpendiculaire au plan scléral de la moitié de l'épaisseur de tissu. Le second segment est disséqué parallèlement au plan sclérocornéen à l'aide d'un couteau scarificateur type Crescent. L'ouverture de la chambre antérieure se fait dans un plan oblique parallèle à celui de l'iris.

Sa situation se localise entre 0,5 et 4 mm du limbe sclérocornéen (Fig. 10).

L'incision tunnalisée est autoétanche et ne nécessite pas obligatoirement une suture. Elle est peu astigmatogène, mais il faut se méfier de la réaliser trop postérieure car elle expose alors à des difficultés chirurgicales par hernie irienne.

### Substances viscoélastiques

Après l'incision de cornée, on injecte une substance viscoélastique (Fig. 11) pour maintenir la profondeur de la chambre antérieure, protéger les structures intraoculaires, réaliser le

capsulorhexis et enfin faciliter l'implantation du cristallin artificiel.

La perte cellulaire endothéliale durant la chirurgie de la cataracte résulte de multiples facteurs comme un contact physique entre l'endothélium cornéen et la lentille intraoculaire, les dommages créés par l'énergie du phacoémulsificateur, la circulation des fluides intraoculaires, la présence d'air dans le liquide de perfusion, le contact de fragment nucléaire ou les effets toxiques de médicaments injectés en chambre antérieure.

Les substances viscoélastiques sont capables de réduire le traumatisme mécanique sur l'endothélium cornéen comme de maintenir la bonne profondeur de la chambre antérieure quelle que soit l'incision réalisée.

Il existe de nombreux PVE disponibles pour la chirurgie de la cataracte qui varient par leur viscosité et leur poids moléculaire. Les plus utilisés en France sont des hyaluronates de sodium. [16]

Globalement, les PVE se classent en deux catégories :

- les viscoélastiques cohésifs (Healon®), les hyaluronates de haut poids moléculaire qui servent à approfondir et maintenir l'espace de la chambre antérieure ou le sac capsulaire ;
- les viscoélastiques de type dispersif, les hydroxypropylméthylcelluloses (Viscoat®), plutôt de bas poids moléculaire dont le but principal est d'isoler certaines structures intraoculaires comme l'endothélium cornéen, la capsule postérieure ou un éventuel prolapsus de l'iris. Plus difficile à injecter et à retirer.

C'est l'utilisation conjuguée de ces deux types de substances lors des différentes étapes de la cataracte qui permet de minimiser les traumatismes dus à la chirurgie par phacoémulsification. [17]

L'injection de PVE permet également une réalisation de capsulorhexis dans des conditions de sécurité optimales. La réinjection de viscoélastique en regard d'un capsulorhexis qui s'éloigne vers la zonule permet de réaliser une traction radiaire à la pince du capsulorhexis vers le centre de la pupille pour récupérer ce rhexis qui file.

L'emploi d'injecteurs nécessite l'utilisation de PVE de type plutôt dispersif.

### Capsulorhexis

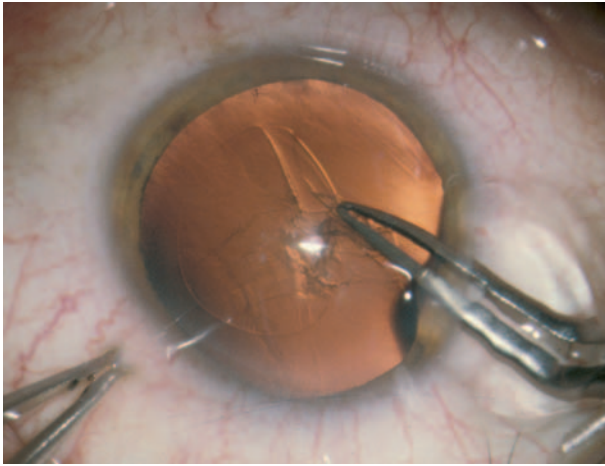
Le capsulorhexis est une découpe capsulaire décrite par Gimbel et Neuhann en 1984. [18, 19]

Le terme descriptif précis s'intitule capsulorhexis curvilinéaire continu.

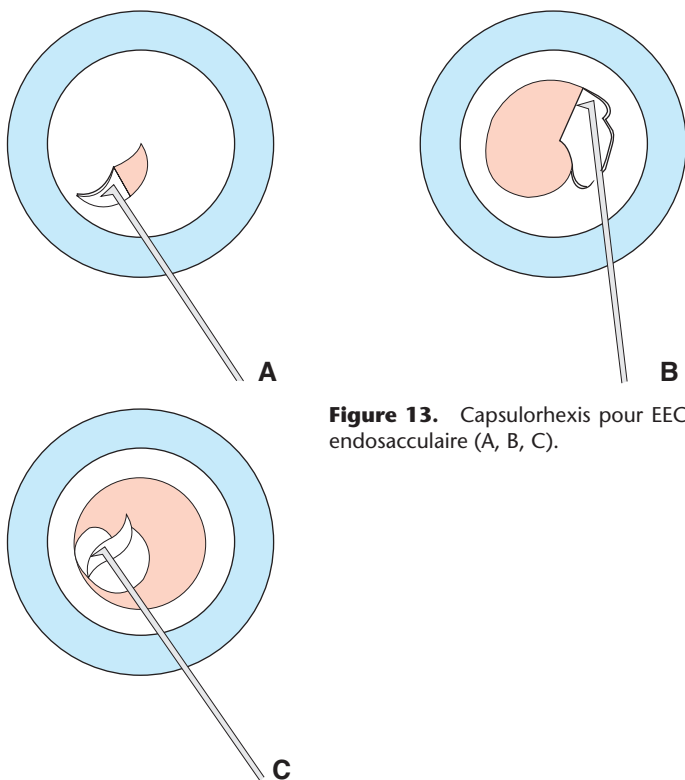
Cette méthode constitue la méthode de choix de capsulotomie antérieure dans la phacoémulsification car elle laisse le sac capsulaire intact sur le plan mécanique et structurel.

Il est essentiel pour les temps chirurgicaux ultérieurs de réaliser un capsulorhexis impeccable car les manipulations ultérieures du noyau dans le sac capsulaire qui s'associent toujours à une dilatation du sac peuvent entraîner un risque d'extension des traits de refend radiaires de la capsule antérieure vers la capsule postérieure.





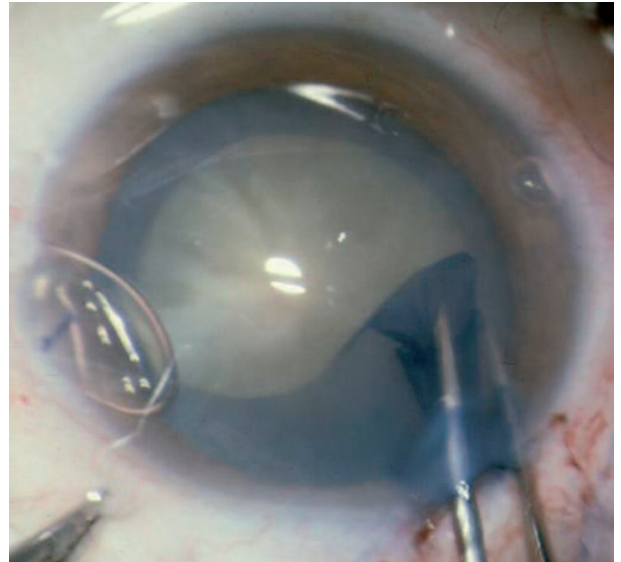
**Figure 12.** Capsulorhexis à la pince.



**Figure 13.** Capsulorhexis pour EEC endosacculaire (A, B, C).

De plus, son intégralité assure le centrage et la parfaite fixation permanente de la lentille intraoculaire dans le sac capsulaire.

La technique actuelle du capsulorhexis débute par une discision qui peut s'effectuer soit à l'aiguille de 23 G doublement coudée appelée kystitome, soit à la pince à capsulorhexis (Fig. 12). Dans tous les cas cette discision capsulaire antérieure est réalisée après injection de PVE dans la chambre antérieure. Si le choix penche pour le début de la discision avec le kystitome, la découpe initiale est effectuée sur la capsule antérieure au centre de cette dernière de façon centrifuge. Puis le kystitome est retiré de l'œil pour poursuivre cette découpe circulaire à la pince à capsulorhexis. La discision se dirige obliquement vers la périphérie sur 2 à 3 mm décollant un lambeau (Fig. 13A). La découpe se poursuit ensuite de façon circulaire sur 360° (Fig. 13B). La réunion des deux bords doit se faire de l'extérieur vers l'intérieur pour éviter tout trait de refend (Fig. 13C). La découpe capsulaire doit être circulaire ou curviligne à grand axe vertical pour permettre une meilleure ablation des masses de midi. [19, 20] Sa taille varie de 5 à 6 mm. Elle ne doit pas être trop grande afin d'éviter toute luxation du noyau en chambre antérieure mais constituer un support suffisant à



**Figure 14.** Capsulorhexis sur cataracte blanche après injection de bleu trypan.

l'haptique de l'implant et éviter les risques accrus de déchirure radiaire. À l'inverse, trop petite, elle peut poser un problème pour l'examen de la périphérie rétinienne et se rétracter secondairement, créant un capsulophimosis gênant l'examen de la périphérie rétinienne.

## Difficultés

### Cataracte blanche totale

La lueur pupillaire est absente rendant la réalisation du rhexis aléatoire.

Ce dernier est alors envisageable grâce à une lampe à fente motorisée ou par diathermie à haute fréquence, qui consiste à découper grâce à une canule diathermique la capsule antérieure de façon circulaire.

L'injection de colorant vital type bleu trypan permettant de colorer la capsule antérieure est désormais la technique de choix pour la réalisation du capsulorhexis. [21, 22]

Après l'incision, la chambre antérieure est remplie d'air pour éviter la dilution du colorant puis le colorant est injecté à la surface de la capsule antérieure.

La chambre antérieure est ensuite lavée et le PVE est injecté.

Le capsulorhexis est alors réalisable et parfaitement visible (Fig. 14).

Dans les cataractes morgagniennes, l'ouverture capsulaire peut libérer « du lait cristallinien » qui nécessite alors une aspiration avant une réinjection de PVE.

### Mauvaise dilatation pupillaire

Si la taille de la pupille est plus petite que le diamètre du capsulorhexis prévu, plusieurs méthodes sont à notre disposition.

L'injection d'adrénaline diluée avec de la dexaméthasone peut permettre de dilater une pupille peu réactive.

Une pupille moyennement dilatée peut être élargie par injection d'un PVE dispersif au bord de cette pupille.

Une ablation de la membrane cyclitique à la pince à capsulorhexis peut être réalisée s'il existe une séclusion pupillaire d'origine inflammatoire.

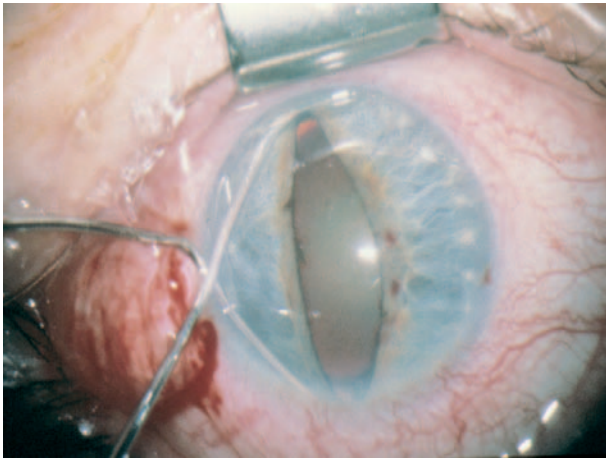
Réalisation de microsphinctérotomies aux ciseaux de Vanas, voire une iridectomie sectorielle que l'on suture en fin d'intervention.

### Techniques de dilatation pupillaire instrumentales

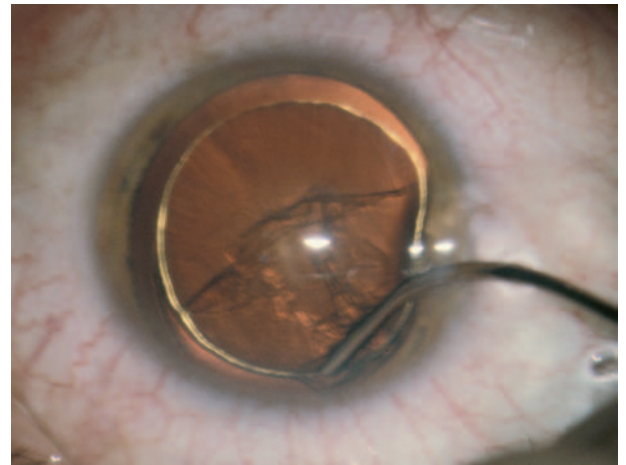
Conformateur pupillaire en PMMA ou en silicone qui vient ganter le sphincter.

Pose d'iridorétracteurs de Grieshaber pour réaliser un aspect quadrangulaire de la pupille, ou plus récemment des iridorétracteurs flexibles en nylon. [23]





**Figure 15.** Étirement pupillaire à l'aide de deux « fourchettes ».



**Figure 18.** Hydrodissection et hydrodélinaéation.

Étirement pupillaire (*stretching*) à l'aide de crochets à iris qui viennent étirer le sphincter à différents endroits (Fig. 15) ou à l'aide du dilateur de Beehler (Moria).

Sinon, il est également possible pour les chirurgiens entraînés de réaliser leur capsulorhexis en soulevant progressivement le rebord pupillaire avec un micromanipulateur. Cette technique expose à la dispersion pigmentaire qui peut être source d'hypertonie ou de cataracte secondaire.

## Traitement hydrique

Le cristallin cataracté comporte :

- le noyau au centre, de consistance dure, accessible à l'émulsification ;
- la partie externe, plus molle faite de cortex et d'épinoïau ;
- l'enveloppe capsulaire.

Le traitement hydrique va séparer ces différentes couches et permettre ainsi d'évaluer la variété de cataracte afin de mieux choisir la technique de phacoémulsification.

L'hydrodissection consiste à injecter du liquide entre la capsule et le cortex (Fig. 16).

Le BSS est injecté grâce à une canule fine (30 G ou Rycroft) sous la face postérieure de la capsule antérieure (Fig. 16A).

Le liquide va fuser le long de la capsule réalisant un aspect de vague. L'injection se poursuit jusqu'à envahissement de la totalité de l'aire pupillaire (Fig. 16B,C).

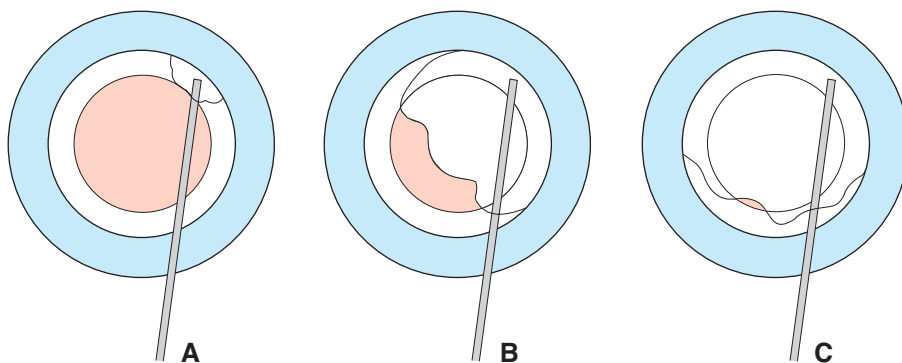
Ce temps opératoire est impératif pour mobiliser le noyau, aussi en cas d'échec, il est impératif de réitérer le geste.

L'hydrodélinaéation (Fig. 17) consiste à séparer le noyau du cortex. En pratique, l'extrémité de la canule est piquée dans l'épaisseur du cortex en visant le bord équatorial du noyau et en se rapprochant de sa partie centrale jusqu'à ce qu'elle bute sur le noyau dur (Fig. 17A). L'injection de liquide se traduit alors par l'apparition de l'anneau d'or (Fig. 17B,C, Fig. 18).

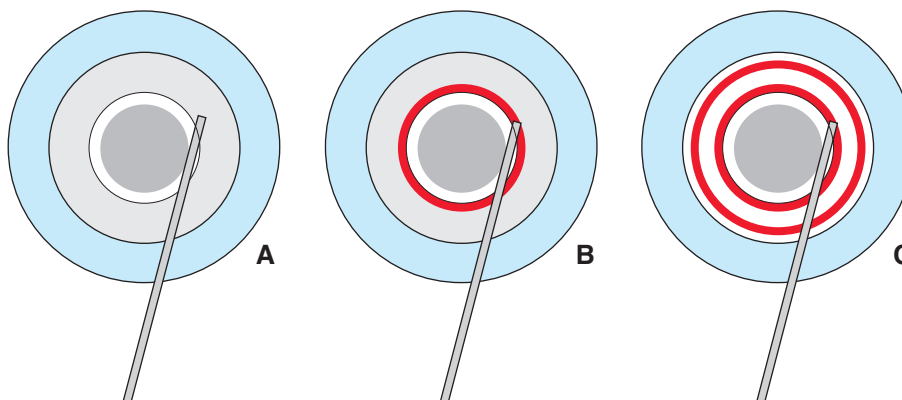
## Traitement du noyau

L'embout de la pièce à main est introduit biseau en biais (Fig. 19), pédale en position 1 avec utilisation du reflux s'il y a accolement de l'iris à l'extrémité de la sonde.

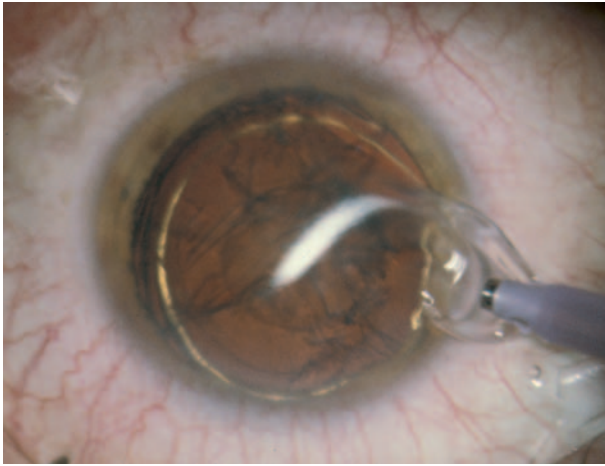
Pour la découpe, il est préférable de placer le biseau vers le haut (Fig. 20A).



**Figure 16.** Hydrodissection (A, B, C).



**Figure 17.** Hydrodélinaéation (A, B, C).



**Figure 19.** Introduction de la sonde ultrasons sous irrigation.

L'ablation lamellisée de la partie centrale du cristallin ou la création de sillons doit se faire à flux constant, avec pédale en position 2 lors des mouvements de retrait de la sonde (Fig. 20B) et en position 3 lors de la découpe.

Le niveau d'aspiration ne doit pas être très élevé, mais le réglage de la puissance des ultrasons se fait en corrélation avec la dureté du noyau (Tableau 1).

### Paramètres de réglage de la machine

Ils sont donnés dans le Tableau 1.

### Différentes techniques

#### Sabot de Kratz-Maloney [24, 25]

Cette technique était surtout utilisée aux temps des capsulotomies en « capsule de bière ».

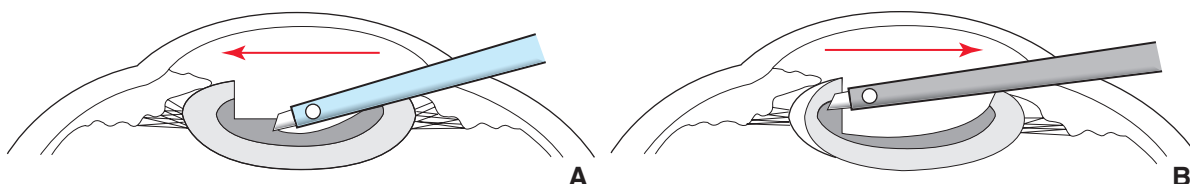
Elle est encore applicable avec un capsulorhexis, pourvu que celui-ci soit large.

Le premier temps consiste, après hydrodélimitation du noyau, à « découper » profondément la partie centrale du noyau en restant dans l'aire du capsulorhexis et en conservant un mur postérieur (Fig. 21).

Le noyau est ensuite basculé en appuyant le micromanipulateur sur la partie inférieure du fond du bol et en s'aidant éventuellement d'une manœuvre de l'ascenseur (position 0 de la pédale) si l'action du micromanipulateur est insuffisante (Fig. 22).

La couronne nucléaire est émulsifiée progressivement en faisant tourner le noyau à l'aide du micromanipulateur et en gardant le fond du bol pour la fin.

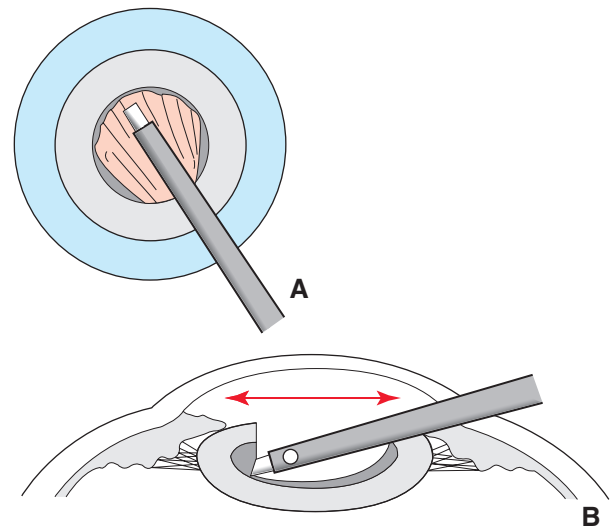
Cette technique bimanuelle n'est pas strictement endocapsulaire mais tout se passe dans le plan irien ou juste en avant de lui. Elle reste adaptée aux débutants pour un noyau de dureté moyenne.



**Figure 20.** Principes du traitement du noyau.  
**A.** Découpage.  
**B.** Occlusion.

**Tableau 1.**  
Paramètres de réglage de la machine.

|            | Découpe     | Occlusion  | Aspiration des masses |
|------------|-------------|------------|-----------------------|
| Aspiration | 0 - 60 mmHg | > 300 mmHg | 500 mmHg              |
| Flux       | 30 ml/min   | 25 ml/min  | 35 ml/min             |
| Ultrasons  | ≥ 80 %      | ≤ 50 %     | 0                     |
| Perfusion  | >70 cm      | 70 cm      | 70 cm                 |



**Figure 21.** Technique de Kratz-Maloney (1<sup>er</sup> temps) (A, B).

#### « Chip and flip » de Fine (chip = découper, flip = saut)

C'est une technique endosacculaire dérivée de la précédente. [26]

Elle débute par une hydrodélimitation puis une hydrodissection du noyau.

Le premier temps de la fragmentation du noyau diffère peu de la technique du sabot, ici le noyau est découpé in situ dans sa totalité en forme de bol en le tournant éventuellement avec la pièce à main et en le basculant avec le micromanipulateur pour en terminer le fond (Fig. 23A).

L'épinoyau et le cortex sont ensuite basculés à partir de 6 h par occlusion - déplacement - aspiration vers le centre du sac capsulaire (Fig. 23B).

La couronne périphérique restante est soit tournée progressivement vers l'embout ultrasons pour l'émulsifier dans un mouvement de tourniquet, soit déplacée-aspirée après occlusion des principales masses corticales latérales droite et gauche biseau tourné vers elles.

Cette technique est adaptée à la plupart des noyaux, sauf les très durs.

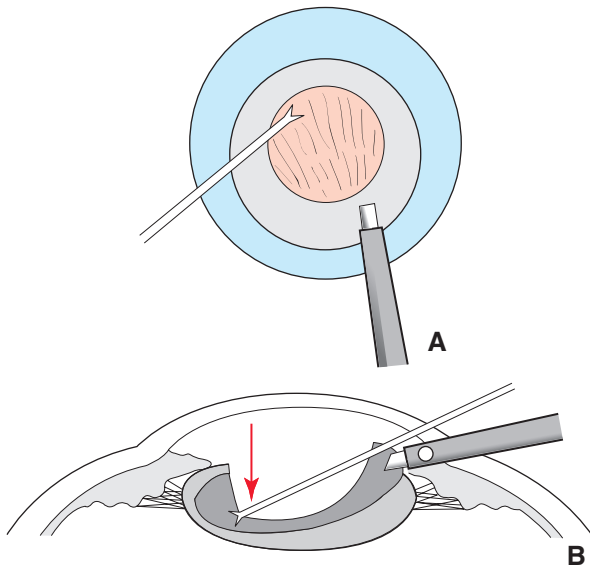
#### Nucléofracture ou « divide and conquer » (Fig. 24A)

La plus fréquemment utilisée, elle consiste à créer des zones de fragilité dans le noyau pour le séparer en quartiers et déplacer chaque quartier vers le centre pour l'émulsifier. [27]

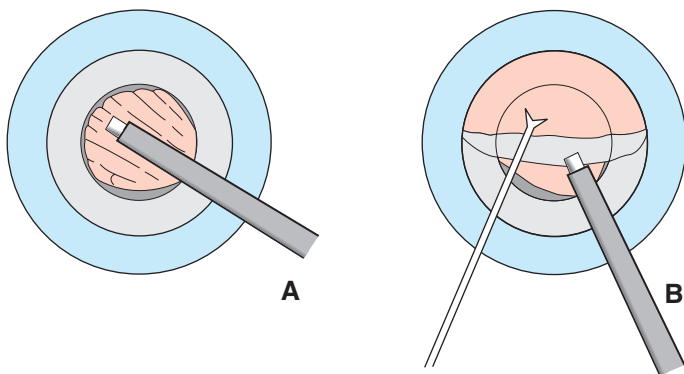
En pratique, l'hydrodissection doit être soignée car il est essentiel de faire tourner le noyau sans difficulté.

La sculpture de 4 sillons (Fig. 25) de 3 mm de large environ, perpendiculaires, est réalisée avec une puissance d'ultrasons variable en fonction de la dureté du noyau (70 à 100 %).

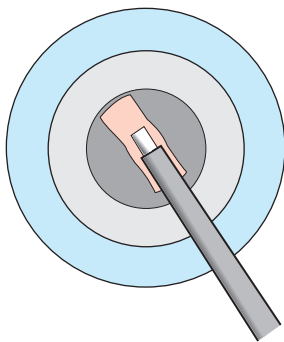
Le débit d'aspiration de cette phase doit être plutôt bas pour éviter un phénomène occlusif indésirable.



**Figure 22.** Technique de Kratz-Maloney (2<sup>e</sup> temps) (A, B).



**Figure 23.** Technique du « chip and flip » (A, B).



**Figure 24.** Technique du « divide and conquer ».

La profondeur du sillon s'apprécie sur la réapparition de la lueur pupillaire.

Le noyau est ensuite tourné de 90° avec le micromanipulateur jusqu'à l'obtention d'une croix (pédale en position 1).

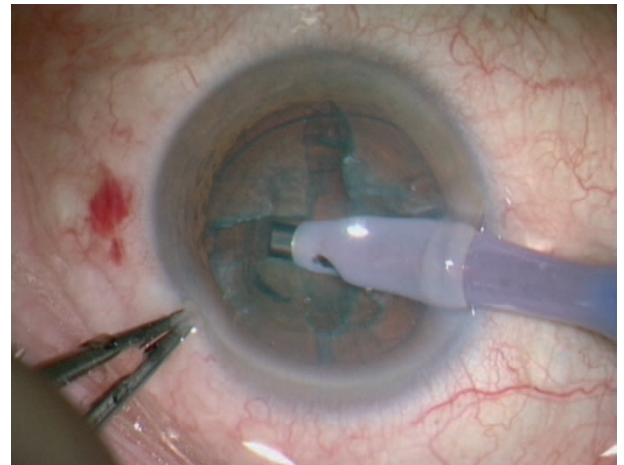
Le « *cracking* » se fait en bimanuel avec le biseau de la sonde à ultrasons du micromanipulateur.

Ces deux instruments sont placés le plus profondément possible (Fig. 26).

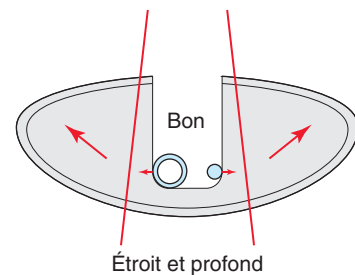
Les quartiers séparés sont alors attirés vers le centre en commençant par la partie inférieure et émulsifiés l'un après l'autre.

Si le noyau est très dur, l'extraction peut être facilitée par une augmentation du *vacuum* et l'utilisation en mode pulsé des ultrasons.

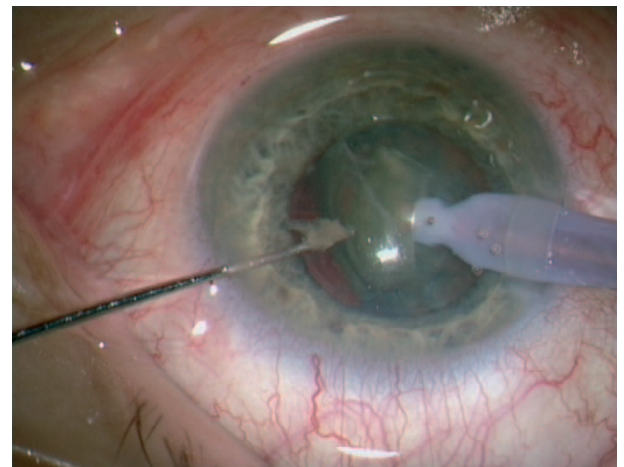
La possible désocclusion de la sonde peut être responsable d'un collapsus camérulaire, avec possible rupture capsulaire postérieure.



**Figure 25.** Sculpture des sillons.



**Figure 26.** Technique du « divide and conquer » (coupe).



**Figure 27.** Découpe du noyau au crochet de Sinsky.

### Phaco chop

Technique décrite par Nagahara en 1993. [28]

Cette technique permet l'extraction du noyau sans sculpture de sillon (Fig. 27).

Dans un premier temps, l'épinoyau est aspiré à la surface, la sonde US est mise en occlusion au centre du noyau. Un phaco chop ou un crochet introduit par l'incision de service est glissé sous les côtés de la capsule antérieure sur le méridien de 6 h et avancé en direction de la sonde en titane.

Les deux instruments sont ensuite écartés l'un de l'autre de façon à casser le noyau.

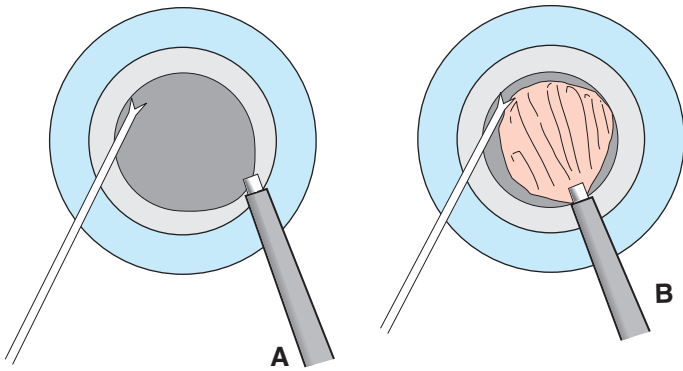
Cette manœuvre est répétée plusieurs fois après avoir mobilisé le noyau et de multiples fragments sont alors obtenus.

Cette méthode est particulièrement proposée dans les noyaux durs et petites pupilles.

### « Stop and chop »

C'est une technique dérivée du phaco chop. [29]





**Figure 28.** Technique de la « phacospirale » (A, B).



**Figure 29.** Technique du colimaçon.

Un sillon central est réalisé permettant une fracture du noyau en deux parties égales.

Le reste de la fragmentation est réalisé selon la méthode du phaco chop.

Technique particulièrement intéressante en cas de noyau dur ou de trait de refend dans le capsulorhexis.

Elle diminue particulièrement le temps d'utilisation des ultrasons.

Beaucoup d'autres variantes techniques de traitement du noyau ont été proposées dans la littérature. [30, 31]

#### Phacospirale ou technique du colimaçon (Fig. 28)

Elle nécessite un capsulorhexis large et une hydrodélimitation de qualité.

Le noyau est émulsifié en débutant par sa périphérie grâce à un mouvement de micromanipulateur qui bascule la partie supérieure du noyau vers le haut et le fait avancer progressivement dans un mouvement circulaire vers l'embout de la pièce US entretenu par l'aspiration de celle-ci.

La partie centrale plus dure que le noyau est ensuite fragmentée en bloc ou en deux parties, le micromanipulateur la maintenant dans le sac capsulaire.

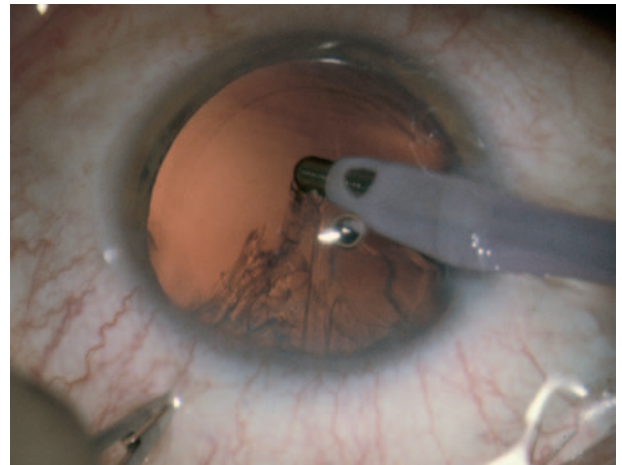
Cette technique est bien adaptée aux noyaux de dureté moyenne (Fig. 29).

#### Aspiration des masses

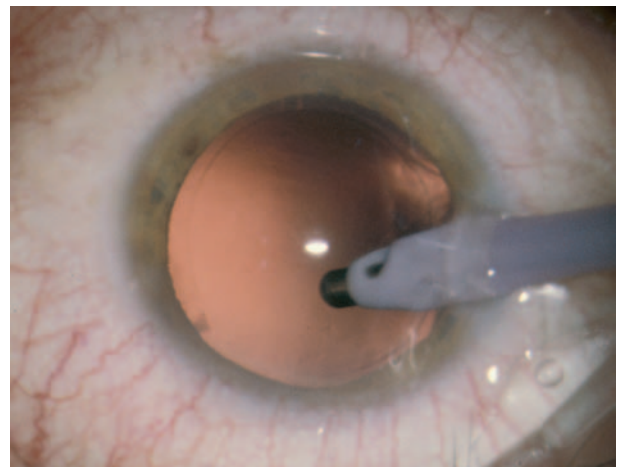
Il s'agit en réalité d'une irrigation-aspiration (I/A) des masses, en chambre antérieure fermée, ce qui permet de tenir la capsule postérieure à distance de la sonde.

La difficulté de l'I/A des masses va dépendre de la qualité de l'hydrodissection et de l'importance du cortex restant, qui sera d'autant plus volumineux que le noyau sera mou.

Le capsulorhexis a rendu ce temps plus délicat, en particulier pour l'aspiration des masses de 12 h.



**Figure 30.** Aspiration du cortex cristallinien.



**Figure 31.** Polissage de la capsule postérieure.

#### Matériel

Le diamètre de la canule d'irrigation en silicone est identique à celui de la sonde ultrasons, en revanche celui de la sonde métallique est fermé à son extrémité et percé latéralement d'un orifice de 0,3 mm de diamètre.

La machine est programmée en mode I/A. Le maintien de la chambre antérieure est assuré par l'irrigation en position 1 de la pédale. L'aspiration est en mode linéaire en position 2 de la pédale. Le niveau de vide varie de 0 à 500 mmHg en fonction de la position de la pédale et le débit d'aspiration est habituellement de 40 ml/min.

#### Méthode

L'orifice d'aspiration est disposé juste en dessous du bord du rhexis, orienté d'abord vers le haut puis latéralement jusqu'à obtenir l'occlusion par la partie antérieure des masses (Fig. 30). La masse est ensuite mobilisée dans la partie centrale du sac et aspirée.

Il est préférable de débuter l'aspiration du cortex à midi pour profiter de l'« effet de masse ».

L'I/A se termine par un polissage de la capsule antérieure et postérieure en réglant l'aspiration de 5 à 20 mmHg et en baissant la hauteur de perfusion si la capsule postérieure a tendance à fuir sous la sonde (Fig. 31).

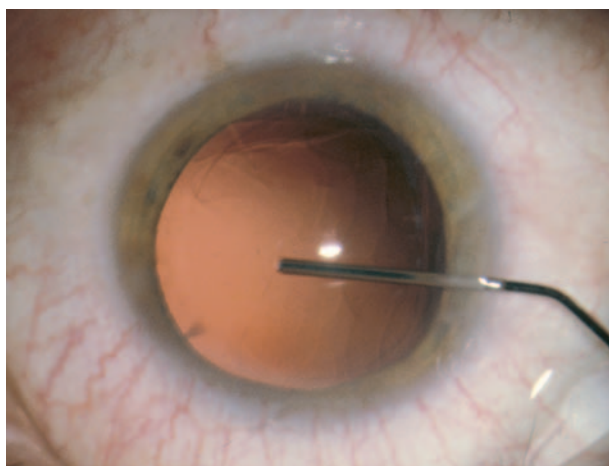
Ce polissage peut aussi être pratiqué avec une canule de Kratz.

Avant d'insérer l'implant, il faut réaliser une injection de PVE dans le sac capsulaire pour mieux positionner son implant entre le feuillet antérieur et postérieur.

L'injection du PVE, de type cohésif débute à 6 h et se poursuit jusqu'à l'incision.

Cette manœuvre permet ainsi de gonfler légèrement le sac et de séparer feuillet antérieur du feuillet postérieur (Fig. 32).





**Figure 32.** Injection d'un viscoélastique cohésif.

## Implants

Afin de conserver le bénéfice de la petite taille de l'incision, il fallait proposer la mise en place d'une lentille intraoculaire passant par le même orifice sans l'élargir. Les implants en PMMA rigides, bien que biocompatibles ne pouvaient répondre à ce cahier des charges. Le premier implant pliable en silicone a été proposé par Mazzocco [32] en 1984. Puis sont apparus les acryliques et les hydrogels. Nous disposons actuellement sur le marché d'une gamme très étendue de lentilles intraoculaires : l'optique centrale arrondie de diamètre de 5,5 à 6,5 mm peut être monofocale ou multifocale, de type diffractif ou réfractif. Les haptiques, de compositions et de formes variables s'insèrent sur l'optique pour centrer cette dernière dans le sac.

### Principales familles d'implants pliables disponibles

#### Implants « silicones »

Les implants pliables ont une optique en élastomère de silicone.

Les silicones sont hydrophobes, possèdent d'excellentes qualités optiques et une bonne biocompatibilité. Les dernières générations sont composées de polydiméthylsiloxane, de meilleure purification chimique, d'indice de réfraction plus élevé à 1,46, diminuant ainsi d'un tiers l'épaisseur de l'implant, avec adjonction de substances absorbant les UV.

#### Implants « acryliques »

Ils sont composés de copolymères acryliques. Les hydrogels utilisés pour la fabrication des implants souples acryliques sont obtenus à partir de polymères et/ou copolymères réticulés d'acrylates, à contenance hydrique variable, plus ou moins perméables. Leurs propriétés physiques et mécaniques varient en fonction de leur degré de réticulation.

Ils sont hydrophobes, ont d'excellentes qualités optiques, et sont flexibles. Leur indice de réfraction est très élevé, se situant entre 1,49 et 1,56 (donc supérieur ou égal à celui du PMMA) à la température corporelle.

Les optiques acryliques souples contiennent en général des substances absorbant les UV.

**Tableau 2.**

Propriétés optiques et physiques de biomatériaux utilisés pour les implants. [33]

|                                   | PMMA | Silicone  | Hydrogel | Thermoplastiques<br>MemoryLens™ | Acrylique |
|-----------------------------------|------|-----------|----------|---------------------------------|-----------|
| Indice de réfraction              | 1,49 | 1,41-1,46 | 1,41     | 1,48                            | 1,55      |
| Épaisseur en mm (implant de 20 D) | 0,73 | 0,87-1,40 | 1,10     | 0,77                            | 0,82      |
| Densité                           | 1,19 | 1,03      | 1,16     | 1,19                            | 1,16      |
| Hydrophilie                       | Non  | Non       | Oui      | Oui                             | Non       |

Les propriétés optiques et physiques des biomatériaux utilisés pour les implants sont résumées dans le **Tableau 2**.

#### « Hydrogels »

Ils sont composés de poly-HEMA ou PHEMA (poly-hydroxyéthyl méthacrylate).

Ce matériau a en particulier l'augmentation de son indice de réfraction à 37 °C. Une telle augmentation d'indice de réfraction permet de diminuer notablement son épaisseur. Très biocompatible, son hydratation le rend malheureusement très fragile.

#### Implants « thermoplastiques »

Ce sont des hydrogels acryliques contenant 20 % d'eau, obtenus par réticulation de méthylméthacrylate (MMA) et d'hydroxyéthyl méthacrylate (HEMA).

Rigide en dessous de 25 °C, il devient souple au-dessus de cette température-seuil.

L'implant préplié peut être ainsi introduit à travers une petite incision de 3,5 mm, et se déplier progressivement à l'intérieur du sac capsulaire, à température corporelle.

L'implant est stable dans le sac capsulaire au bout de 2 minutes et se déplie totalement en 11 minutes. Son indice de réfraction est de 1,48 à 37 °C.

Le débat sur le choix du meilleur biomatériau pour un implant n'est pas achevé.

Cependant, le silicone a été supplanté par les acryliques.

Il faut retenir néanmoins certaines caractéristiques géométriques de la lentille intraoculaire qui permettent d'éviter la survenue de la cataracte secondaire :

- l'angulation postérieure de l'implant plaque l'optique contre la capsule, selon la théorie de « *no space no cell* » (pas d'espace pas de cellule) ;
- le dessin des bords de l'optique et des haptiques doit être carré, selon la théorie de l'inhibition de contact de Nishi, [34, 35] le design idéal étant d'être rond devant, carré derrière et peu poli. Cette théorie est cependant contestée par certains auteurs. [36]

### Techniques d'insertion des implants souples

L'insertion peut se faire par deux techniques : soit par pliage soit par injection.

#### Insertion par pliage

Elle nécessite l'agrandissement de l'incision à 3,5-4 mm, cette manœuvre n'est réalisée qu'après avoir injecté le PVE.

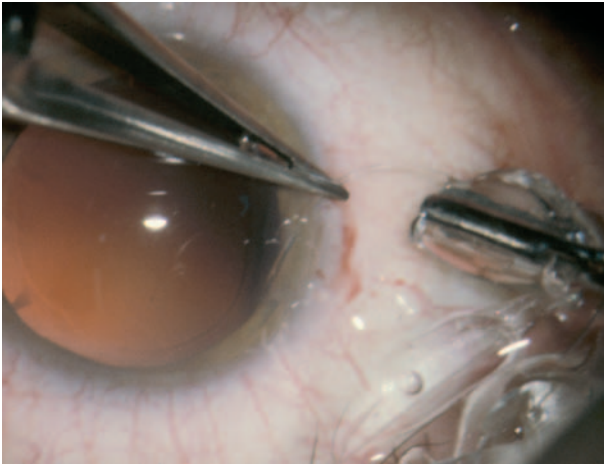
Deux pinces sont nécessaires, une pince fine droite sans griffe et une pince à plier dont différents modèles sont proposés actuellement sur le marché.

L'implant est saisi avec la pince sans griffe qui traverse l'optique par son milieu sur sa longueur parallèlement à l'insertion des anses.

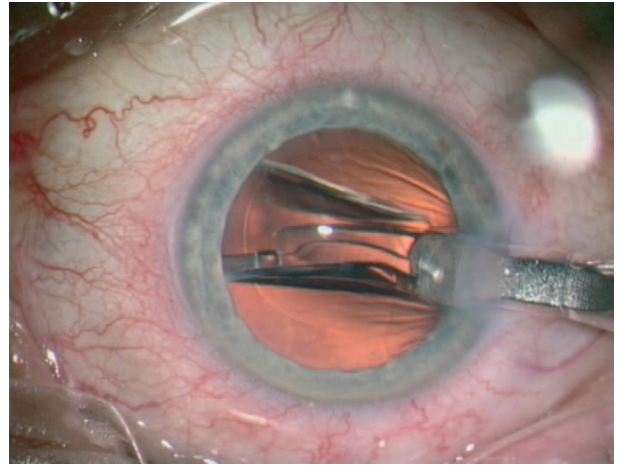
La pince à plier entrouverte est refermée sur la partie latérale de l'optique et ce sur toute sa longueur.

La pince à plier est alors refermée et l'implant est maintenu plié en deux alors que la pince droite est retirée doucement pour éviter tout traumatisme irréversible sur l'optique (Fig. 33).

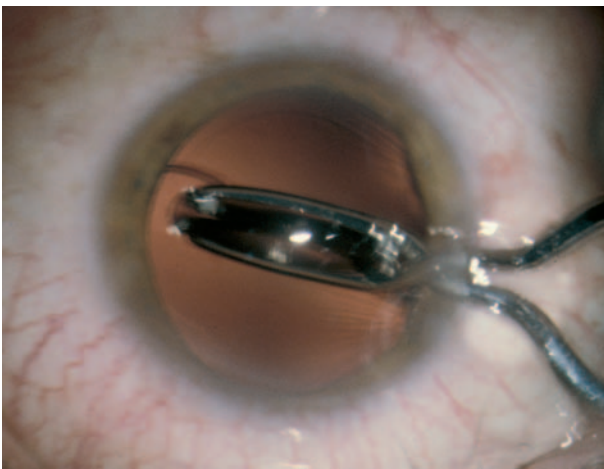
Le passage de l'implant au niveau de l'incision se fait parfois légèrement en force, la pince est dirigée vers le bas pour que l'haptique inférieure puisse se placer dans le sac capsulaire sans léser l'endothélium cornéen (Fig. 34).



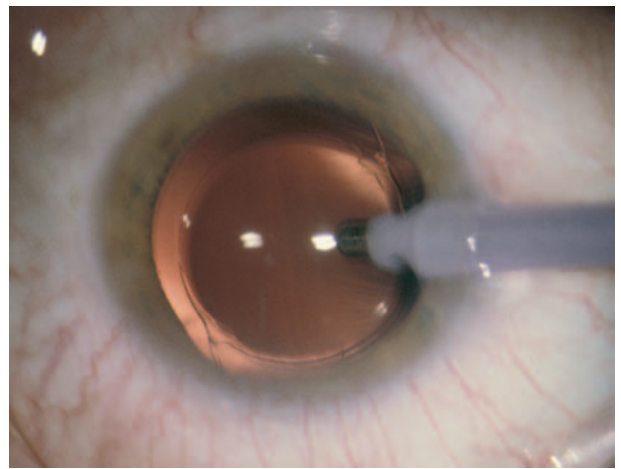
**Figure 33.** Introduction de l'anse inférieure de l'implant.



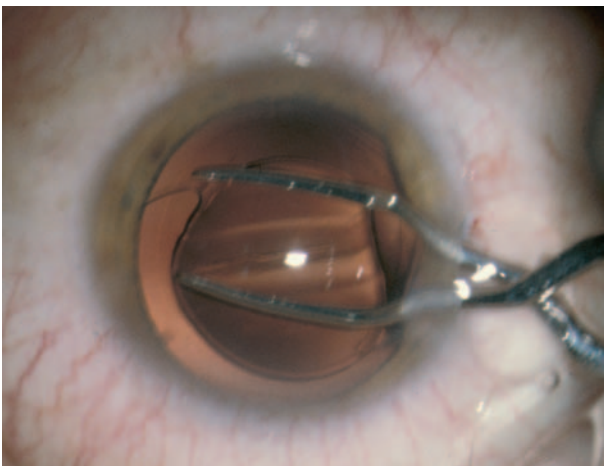
**Figure 36.** Insertion à l'aide d'un injecteur.



**Figure 34.** Après avoir glissé l'anse inférieure dans le sac, l'implant plié est verticalisé.



**Figure 37.** Aspiration du viscoélastique.



**Figure 35.** Ouverture de la pince et dépliage de la lentille.

Un léger mouvement de rotation précède l'ouverture lente et précautionneuse de la pince à plier, l'optique se déplie dans la chambre antérieure (Fig. 35), l'haptique supérieure, qui à travers l'incision cornéenne sera placée dans le sac par un crochet en utilisant un mouvement circulaire pour faire tourner l'implant tout en appuyant sur l'haptique.

La lentille intraoculaire est alors centrée dans le sac.

#### Insertion par injection

L'implant préalablement humidifié est placé dans une cartouche jetable ouverte ou fermée recouverte de PVE. L'implant est

introduit anses repliées dans la cartouche quand celle-ci est fermée, quand il s'agit de cartouche ouverte l'implant est positionné sur la rainure centrale, les ailes de la cartouche sont repliées l'une sur l'autre ; enfin, la cartouche est placée à l'extrémité de l'injecteur.

Ce dernier est alors introduit à travers l'incision qui n'aura pas été agrandie de façon obligatoire.

L'implant est alors progressivement poussé dans le sac grâce au pas de vis de l'injecteur et l'implant se déplie progressivement dans le sac capsulaire alors que dans un mouvement simultané, la cartouche est retirée de l'œil (Fig. 36).

Ainsi, ce système évite tout contact entre la lentille intraoculaire et la conjonctive ou la cornée du patient.

Cette technique permettrait de diminuer les risques infectieux par les germes saprophytes, ce qui n'a jamais été prouvé de manière scientifique.

Les injecteurs ont évolué ces dernières années. [37]

Les premiers injecteurs étaient restérilisables, il existe maintenant des injecteurs à usage unique.

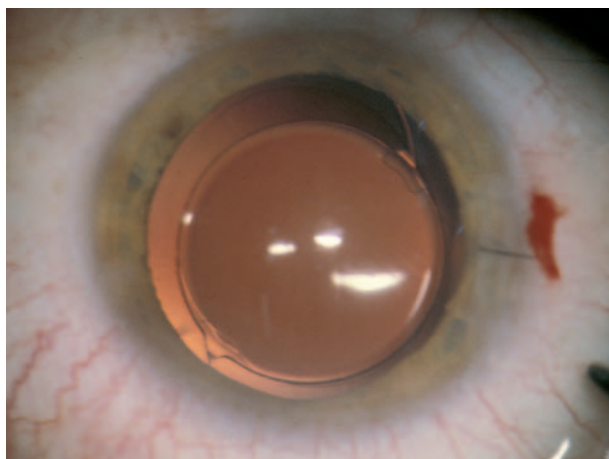
Certains laboratoires proposent un système « tout en un » avec implant préchargé dans une cartouche intégrée à l'injecteur. [38]

#### Aspiration du PVE

Il est indispensable après avoir introduit l'implant de retirer l'intégralité du PVE pour éviter les hypertonies précoces, liées à la substance viscoélastique. Cette étape s'effectue avec la sonde IA, l'aspiration se fait derrière et devant la lentille intraoculaire (Fig. 37).

#### Fermeture de l'incision

Pour les techniques en cornée claire, l'incision doit être hydratée avec une solution saline pour bien assurer l'étanchéité



**Figure 38.** Fermeture par un point au monofilament 10/0.

de l'incision. Ceci est réalisé en injectant une solution saline équilibrée dans les berges de l'incision. L'hydratation accole les deux berges de l'incision, ce qui crée une barrière étanche. La pompe cellulaire endothéliale peut alors retirer du liquide en avant et en arrière de l'incision, ce qui augmente la cohésion de l'incision.

Une bonne incision cornéenne interne et externe est nécessaire pour permettre une fermeture sans suture fiable.

Certains opérateurs préfèrent placer un point séparé au monofilament 10/0 enfoui sur leur incision cornéenne (Fig. 38).

La fermeture par un point en X induit plus d'astigmatisme postopératoire qu'une suture radiaire.

## ■ Complications de la chirurgie

### Complications précoces

Toute intervention de cataracte expose aux risques de complications.

Si certaines sont directement liées à la méthode utilisée, d'autres sont communes à toute chirurgie à globe ouvert, et souvent en relation avec le terrain.

Nous ne traitons ici que celles en rapport avec la technique de phacoémulsification.

### Complications cornéennes

#### Déchirure descémétique

Elle survient dans 0,5 % des chirurgies de la cataracte. [39] Elle peut se produire pendant l'incision par le kératome, ou lors de l'introduction de la sonde à ultrasons, surtout si la chambre antérieure est étroite. On peut l'éviter en prenant soin d'injecter un PVE au niveau de la porte d'entrée et en introduisant la sonde biseau dirigé vers le bas.

Dans le cas de larges déchirures, le lambeau est remis en place avec une spatule ou avec du PVE. On injecte une bulle d'air dans la chambre antérieure en fin d'intervention. Un décollement qui dépasse un tiers de la surface cornéenne nécessite une suture au monofilament 10-0.

#### Œdème de cornée

L'inspection minutieuse de l'endothélium cornéen permet de détecter en préopératoire les anomalies pour identifier les patients qui risquent de développer une décompensation cornéenne après la phacoémulsification. La microscopie spéculaire permet de détecter ces anomalies aussi bien en pré- qu'en postopératoire.

L'incidence de l'œdème cornéen après extraction de la cataracte a diminué avec la phacoémulsification. Elle est actuellement inférieure à 1 %. [40, 41]

L'œdème de cornée peut être provoqué lors de l'introduction de la sonde à ultrasons. Si la pédale est sur la position « irrigation », l'eau infiltre les lames cornéennes quand l'incision est

trop antérieure et oblique. Il faut alors stopper immédiatement l'irrigation pour éviter la propagation de cette opacité gênante, mais réversible.

### Pertes cellulaires endothéliales

Leur taux n'est actuellement plus que de 10 % pour les phacoémulsifications avec traitement du noyau en chambre postérieure. [40] Ces données sont sensiblement identiques à celles de la technique classique d'extraction en extracapsulaire.

Les pertes endothéliales sont toujours d'origine mécanique. Il peut s'agir du contact avec le noyau, ce qui justifie l'utilisation d'un PVE à haut pouvoir de cohésion. Pour éviter ces lésions, il faut placer la sonde le plus loin possible de la cornée et limiter au maximum le temps d'ultrasons.

L'affaissement brutal de la chambre antérieure lorsque l'irrigation est vide, peut provoquer un contact direct de l'endothélium cornéen avec la sonde à ultrasons.

La mise en place de l'implant peut également provoquer une perte cellulaire endothéliale. L'utilisation des implants pliables et des injecteurs permet de diminuer les manœuvres nécessaires à son introduction.

### Complications hémorragiques [42]

Précoces, elles peuvent survenir dès l'incision. Malgré une bonne cautérisation, un saignement peut être difficilement évité pendant la tunnellation sclérale, si l'on sectionne une veine aqueuse par exemple.

Ces problèmes hémorragiques sont majorés lors de la réalisation d'une incision postérieure et diminuent avec l'incision en cornée claire.

L'iris constitue également un autre point de départ pour le saignement. Si l'incision n'est pas parallèle au plan irien, et qu'elle est éloignée de la racine de l'iris, l'introduction de la sonde peut provoquer une iridodialyse, source d'hypphéma parfois important et difficile à juguler. La chambre antérieure sera remplie d'air pour favoriser l'hémostase, mais il en résulte souvent un myosis gênant à la suite de l'intervention.

### Complications iriennes [43]

Outre l'iridodialyse décrite précédemment, l'iris peut subir d'autres lésions mécaniques.

Lors d'utilisation d'un temps d'ultrasons important, une atrophie de l'iris en secteur s'observe souvent à midi par une brûlure du stroma irien.

La hernie irienne s'observe fréquemment quand la taille de l'incision dépasse 3,2 mm ou en cas de chambre antérieure étroite.

Si la hernie irienne est due à une incision trop postérieure, il faut baisser la perfusion et limiter le temps d'ultrasons. Une suture au monofilament 10-0 peut réduire l'incision cornéenne mais il est souvent plus aisé de pratiquer une iridectomie périphérique.

L'iris peut être happé par la sonde à ultrasons pendant la sculpture du noyau, surtout en cas de mauvaise dilatation, ce qui entraîne un myosis et des hémorragies. Pour éviter cet incident, il convient de surveiller en permanence l'extrémité de la sonde à ultrasons qui ne doit pas dépasser les limites du capsulorhexis pendant le traitement du noyau. Si nécessaire, on peut réinjecter du viscoélastique et repousser l'iris avec le micromanipulateur.

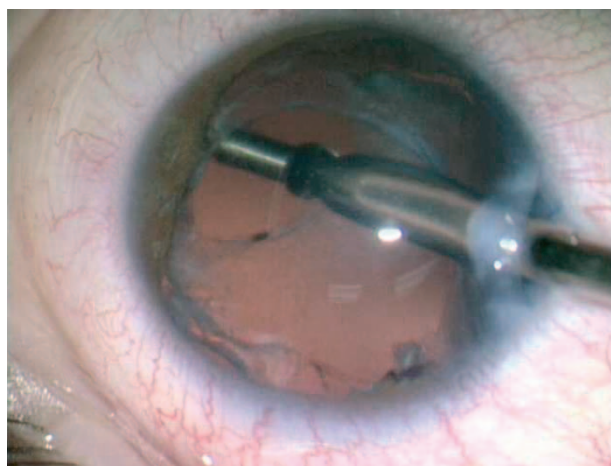
Lors de l'extraction du cortex, la sonde peut aspirer l'iris et provoquer alors un large pigmentaire.

### Complications capsulaires antérieures

Quelle que soit la technique de capsulotomie employée, le risque de trait de refend est toujours possible. Cette déchirure centrifuge peut survenir soit :

- pendant la réalisation du capsulorhexis, en particulier quand son contrôle est difficile à cause des opacités des milieux, de la densité du noyau ou lors des mauvaises dilatations pupillaires ;
- pendant le traitement du noyau, par embrochage du bord du capsulorhexis par la sonde à ultrasons avec alors un risque





**Figure 39.** Vitrectomie antérieure par une brèche capsulaire dans un cas de cataracte traumatique.

très important de refend postérieur et donc de luxation du noyau dans le vitré ;

- avec la sonde d'irrigation-aspiration mais de manière plus rare.

Une certaine expérience chirurgicale permet d'éviter ce genre d'incident. [44] Si néanmoins par accident une déchirure se produit, l'ablation du noyau doit être la moins traumatisante possible, en évitant soigneusement les manipulations dans les zones du refend.

L'ablation du cortex se termine par la zone intéressée par le refend. La mise en place de l'implant est prudente, sans mouvement de rotation si possible, et on place les anses à 90° du ou des trait(s) de refend.

Si un important lambeau capsulaire antérieur reste en place, la phacoémulsification est réalisée de bout en bout en évitant d'aspirer le volet, qui sera découpé après l'introduction de l'implant grâce aux ciseaux capsulaires, et ce sous PVE.

### Complications capsulaires postérieures

La rupture capsulaire postérieure est l'un des incidents les plus graves de la phacoémulsification.

#### Ouverture limitée

Il s'agit le plus souvent d'une ouverture limitée sans issue de vitré et qui survient en fin de traitement du noyau. Après réinjection de PVE pour repousser le vitré en arrière, on termine l'intervention prudemment par l'aspiration des masses restantes avec la sonde d'irrigation-aspiration. La réalisation d'un capsulorhexis postérieur sous PVE permet alors de régulariser l'ouverture capsulaire.

Il convient de baisser immédiatement la perfusion le plus bas possible. L'implantation se fait alors dans le sac si cela est possible ou en cas de large brèche capsulaire dans le sulcus.

#### Rupture capsulaire avec issue de vitré [44-47]

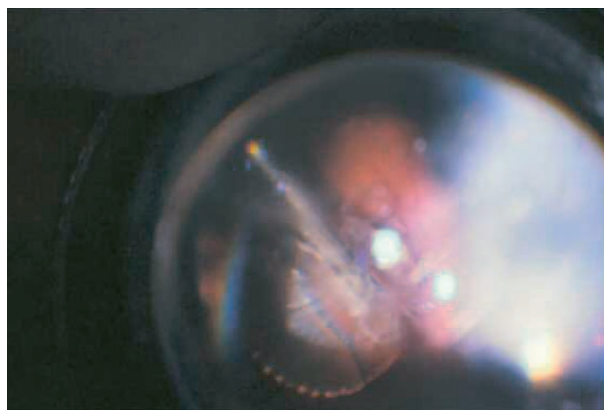
Elle peut être secondaire soit à un refend dans le capsulorhexis, soit à un mauvais contrôle d'un noyau trop dur ou du micromanipulateur, soit à un contact direct de la sonde à ultrasons avec la capsule postérieure.

Il faut alors immédiatement baisser la perfusion, réinjecter du viscoélastique et réaliser une vitrectomie antérieure soignée (Fig. 39).

Si cette rupture survient en fin d'intervention, on termine l'aspiration des masses selon ce qui a été précédemment décrit et on pratique alors une vitrectomie antérieure par la solution de continuité dans la capsule.

L'implantation est réalisée dans le sac ou dans le sulcus selon les possibilités.

On vérifie après implantation l'absence de vitré dans l'incision en passant le micromanipulateur dans le plan de l'iris et en injectant de l'air en chambre antérieure.



**Figure 40.** Phacoémulsification d'un noyau luxé dans le vitré.

### Luxation du noyau

Si la capsule est ouverte en début d'intervention, il est préférable de convertir en extracapsulaire manuelle. En présence de signes de chute possible du noyau, il faut arrêter immédiatement le traitement du noyau, réinjecter du PVE sous ce dernier pour le maintenir dans le plan de l'iris et convertir immédiatement pour extraire le cristallin par des manœuvres de pression-contrepression prudentes.

Malheureusement, malgré la rapidité du chirurgien, il n'est pas toujours possible de récupérer un noyau qui plonge dans le vitré. La luxation du noyau dans le vitré représente la complication la plus difficile à traiter de la phacoémulsification (Fig. 40).

Dans un premier temps, l'aspiration des masses doit être la plus complète possible. L'incision est alors suturée de façon provisoire.

L'opérateur met en place les voies d'abord de vitrectomie. Après avoir ôté l'embout en silicone de la sonde à ultrasons ou à l'aide du Fragmatome, le noyau est repêché en totalité ou en partie et on le ramène en chambre postérieure pour simplifier l'émulsification. Quand tout le noyau est aspiré, un nettoyage périphérique est entrepris au vitréotome pour récupérer les masses restantes. L'incision est alors réouverte et élargie pour placer l'implant dans le sulcus, s'il persiste un plan zonulaire intact. Le dernier temps opératoire consiste toujours à bien vérifier la périphérie rétinienne à la recherche d'une déchirure rétinienne qui nécessite un traitement spécifique.

Ce n'est qu'en cas de noyau très dur qu'il faut envisager l'utilisation de perfluorocarbonique pour réaliser la phacoémulsification. [48, 49]

L'utilisation de vitréotome de petit diamètre pourrait être utile lors de cette complication.

Si le chirurgien ne dispose pas du matériel pour chirurgie du segment postérieur, il est préférable de réaliser un nettoyage le plus soigneux possible du segment antérieur avant de suturer l'incision pour confier ensuite le patient à un chirurgien entraîné à cette technique.

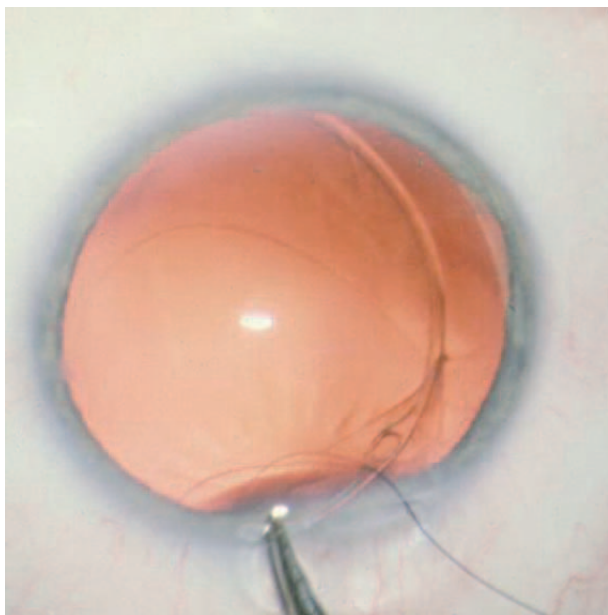
### Complication zonulaire

Elle se manifeste par une visibilité anormale de l'équateur du sac cristallinien qui est attiré par l'embout de la sonde à ultrasons, par une mobilité anormale du sac lors de la découpe des sillons, ou par une chambre antérieure trop profonde et une concavité de l'iris.

Après hydrodissection correcte avec une bonne rotation initiale du noyau, l'impossibilité de tourner ce dernier lors de la découpe du noyau signe également une rupture zonulaire.

Elle se rencontre plus volontiers sur certains terrains : [50] antécédents de vitrectomie ou myopie forte. Ces désinsertions zonulaires peuvent être secondaires à un excès de pression ou à une mobilisation exagérée du noyau. Dans ce cas, la conduite à tenir consiste à baisser la perfusion, élargir l'incision, luxer le noyau en chambre antérieure pour le fragmenter alors en bimanuel. Si cette désinsertion zonulaire s'accompagne d'une issue de vitré importante, mieux vaut convertir en extracapsulaire classique pour extraire le noyau à l'anse et réaliser ensuite





**Figure 41.** Mise en place d'un anneau capsulaire.

une vitrectomie antérieure au vitréotome. Une implantation en chambre antérieure est alors discutée.

Ces désinsertions zonulaires peuvent justifier la pose d'un anneau de tension capsulaire (Fig. 41) visant à limiter les contractions du sac responsables de décentrement de l'implant.

### Autres complications

L'hémorragie expulsive est possible dans la phacoémulsification bien que la chirurgie soit pratiquée sous pression positive avec une incision courte, [51] mais beaucoup plus exceptionnelle qu'avec les techniques extracapsulaires.

Les endophtalmies postopératoires constituent une complication gravissime de cette chirurgie. Leur traitement fait appel aux injections intravitréennes d'antibiotiques associées à une antibiothérapie probabiliste par voie générale. Les indications de vitrectomie sont actuellement bien codifiées selon le niveau d'acuité visuelle initiale. [52]

## Complications tardives

### Opacification capsulaire postérieure

L'opacification de la capsule postérieure a été décrite chez 10 à 50 % des patients adultes dans les 5 ans qui suivent la chirurgie de la cataracte. [53] Cette complication représente un problème de santé publique, par le coût élevé de son traitement.

Cette opacification est due à la prolifération, à la migration et à la prolifération de cellules épithéliales cristalliniennes. Il est classique d'en distinguer deux formes.

#### Fibrose

Les cellules épithéliales antérieures perdent pouvoir de multiplication pour se transformer en fibroblastes. Cette métaplasie fibroblastique aboutit à une contraction capsulaire, en général antérieure (capsulophimosis). Cette forme apparaît rapidement, en général en quelques semaines, retentit peu sur l'acuité visuelle, et reste peu évolutive.

#### Perles d'Hirschberg-Elschnig

Les cellules équatoriales du cristallin conservent leur pouvoir de multiplication. Les cellules vont migrer vers l'axe visuel sur un support, en général capsulaire postérieur ou hyaloïdien antérieur, en l'absence de capsule postérieure.

Cette forme de cataracte secondaire est plus retardée (quelques semaines à 6 ans), mais retentit sur l'acuité visuelle. C'est cette forme qui nécessite une ouverture au laser NdYAG.

Les facteurs de prévention de survenue de cette complication fréquente sont :

- la réalisation d'une chirurgie la plus atraumatique possible, en évitant le contact des sondes avec l'iris. [54] La présence de cellules inflammatoires et de sang favorise son incidence ;
- l'implantation doit être strictement intracapsulaire. Il faut éviter particulièrement un mauvais positionnement des anses hors du sac capsulaire.

La nature du biomatériau intervient également dans la survenue de la cataracte secondaire. [55]

L'utilisation d'implants acryliques à bords carrés [56-58] avec un recouvrement de l'optique par le bord antérieur du capsulorhexis, selon la théorie du sandwich de Linnola [59] ainsi qu'un contact entre l'optique de l'implant et la capsule postérieure permettent de diminuer la migration cellulaire et donc l'opacification de la capsule. Certains auteurs ont proposé la mise en place d'implants à haptiques circulaires, voire d'anneaux de tension capsulaires pour diminuer l'incidence de la cataracte secondaire. [60]

### Contraction capsulaire antérieure (capsulophimosis)

La contraction de la capsule antérieure peut rarement entraîner une baisse d'acuité visuelle, mais plutôt un décentrement de l'implant. Cette complication serait réduite par la réalisation d'un capsulorhexis mesurant environ 6 mm, et par la pose d'anneau de tension capsulaire lorsqu'il existe une déhiscence zonulaire.

Dans la majorité des cas, des traits de refend sont réalisés au laser YAG dans le sac capsulaire antérieur.

Cette contraction capsulaire antérieure peut aboutir à un décentrement complet de l'implant qui nécessite alors une reprise chirurgicale éventuelle.

### Décompensation cornéenne

L'incidence de l'œdème cornéen après extraction de la cataracte a diminué avec l'amélioration des techniques et des instruments.

L'incidence des décompensations est actuellement inférieure à 1 %. [41] La recherche minutieuse d'une cornea guttata en préopératoire permet de détecter les anomalies de l'endothélium pour identifier les patients à risque de décompensation. Le traitement de l'œdème de cornée postopératoire comprend l'utilisation de soluté hypertonique salin ainsi que d'anti-inflammatoires topiques.

Si le dommage cellulaire endothélial est important et que l'œdème persiste, une kératoplastie transfixiante est alors nécessaire.

### Décollement de rétine

L'incidence de décollement de rétine après chirurgie de la cataracte est actuellement estimée entre 0,5 et 2 %. [61]

Ce taux est comparable au taux de décollement de rétine après chirurgie en extracapsulaire manuelle.

Il est reconnu que le risque de décollement de rétine rhéomatogène est plus important avec les yeux qui ont subi une ouverture capsulaire postérieure, que ce soit en peropératoire ou lors d'une capsulotomie au laser YAG.

### Œdème maculaire

L'œdème maculaire cystoïde ou syndrome d'Irvine-Gass avait une incidence estimée à 15 % des patients opérés de cataracte en extracapsulaire manuelle.

Il s'agissait en général d'un œdème maculaire cystoïde angiographique alors qu'actuellement moins de 1 % de ces patients souffrent d'un retentissement sur leur acuité visuelle.

À ce jour, aucun traitement ne semble satisfaisant mais il convient de débiter par un traitement corticoïde local associé à des corticoïdes retard ainsi que des anti-inflammatoires non stéroïdiens topiques et oraux.

D'autres complications exceptionnelles ont été décrites dans la littérature, mais elles restent anecdotiques. [62-64]

## ■ Futur de la phacoémulsification

La chirurgie de la cataracte par la méthode de phacoémulsification a constitué en 2004 la méthode de référence de par son efficacité associée à sa grande sécurité et ce quel que soit le type de cataracte.

C'est une meilleure gestion des fluides ainsi que la réduction de l'énergie ultrasonore qui semble la plus novatrice dans ces dernières années.

L'utilisation des ultrasons pour fragmenter le noyau cristallin semble plus sûre que l'utilisation du phacolaser et plus polyvalente que la technique d'hydrofragmentation actuellement développée sur le marché. L'expérimentation de techniques visant à réduire les traumatismes de l'œil durant la chirurgie est à poursuivre.

L'utilisation des micro-incisions de la phacoémulsification bimanuelle permet une réduction de la taille de l'incision mais cette technique est relativement limitée par les problèmes de réalisation du capsulorhexis à l'aiguille ainsi que par la faible résistance des implants actuellement disponibles pour passer au travers de ces incisions.

Le développement de nouveaux implants semble nécessaire pour obtenir un cristallin artificiel qui offre une bonne stabilité dans le sac capsulaire et dans le temps, associée à une diminution de l'opacification capsulaire postérieure.

C'est ce concept de phacoersatz<sup>[65]</sup> qui constitue le but ultime de tous les chirurgiens de la cataracte.



## ■ Conclusion

La phacoémulsification représente aujourd'hui la technique de référence de la chirurgie de la cataracte. L'évolution des techniques et des technologies est néanmoins si rapide, que le futur est déjà proche en termes d'amélioration de taille d'incision, de rapidité et sécurité opératoire.

Les avancées sur les biomatériaux, telles que l'incorporation de pigments jaunes dans l'optique restent en retard sur les technologies.

## ■ Références

- [1] Kelman CD. Phacoemulsification and aspiration: a new technique of cataract removal: a preliminary report. *Am J Ophthalmol* 1967;**64**: 23-37.
- [2] Linebarger EJ, Hardten DR, Shah GK, Lindstrom RL. Phacoemulsification and modern cataract surgery. *Surv Ophthalmol* 1999;**44**: 123-39.
- [3] Rosenfeld SI, Litinsky SM, Snyder DA, Plosker H, Astrove AW, Schiffman J. Effectiveness of monitored anesthesia care in cataract surgery. *Ophthalmology* 1999;**106**:1256-61.
- [4] Habib NE, Mandour NM, Balmer HG. Effect of midazolam on anxiety level and pain perception in cataract surgery with topical anesthesia. *J Cataract Refract Surg* 2004;**30**:437-43.
- [5] Friedman DS, Reeves SW, Bass EB, Lubomski LH, Fleisher LA, Schein OD. Patient preferences for anaesthesia management during cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2004;**88**:333-5.
- [6] Jacobi PC, Dietlein TS, Jacobi EK. A comparative study of topical vs retrobulbar anesthesia in complicated cataract surgery. *Arch Ophthalmol* 2000;**118**:1037-43.
- [7] Sekundo W, Dick HB, Schmidt JC. Lidocaine-assisted xylocaine jelly anesthesia versus one quadrant sub-Tenon infiltration for self-sealing sclerocorneal incision routine phacoemulsification. *Eur J Ophthalmol* 2004;**14**:111-6.
- [8] Gutierrez-Carmona FJ. Anesthesia versus topical and topical plus intracameral anesthesia. *J Cataract Refract Surg* 2002;**28**:1086-7.
- [9] Votan P, Hannouche D. La phaco pas à pas. *Closer communication* 1998:7-12.
- [10] Fine IH, Hoffman RS, Packer M. Optimizing refractive lens exchange with bimanual microincision phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2004;**30**:550-4.
- [11] Amzallag T. Phacoémulsificateurs : évolution et autres techniques mécanisées de phaco-extraction. *Réflex Ophthalmol* 2004;**73**:10-5.

- [12] Mackool RJ, Brint SF. AquaLase: a new technology for cataract extraction. *Curr Opin Ophthalmol* 2004;**15**:40-3.
- [13] Verges C, Llevat E. Laser cataract surgery: technique and clinical results. *J Cataract Refract Surg* 2003;**29**:1339-45.
- [14] Kanellopoulos AJ. Laser cataract surgery: a prospective clinical evaluation of 1000 consecutive laser cataract procedures using the Dodick photolysis Nd: YAG system. *Ophthalmology* 2001;**108**:649-54.
- [15] Amzallag T. Innovations concernant les embouts de phacoémulsification. *Réflex Ophthalmol* 2004;**54**:29-31.
- [16] Amzallag T. Que peut-on attendre d'une substance viscoélastique? *BL Horizon* 2001;**4**:5-6.
- [17] Arshinoff S, Wong E. Understanding, retaining, and removing dispersive and pseudodispersive ophthalmic viscosurgical devices. *J Cataract Refract Surg* 2003;**29**:2318-23.
- [18] Miyake K, Asakura M, Kobayashi H. Effect of intraocular lens fixation on the blood-aqueous barrier. *Am J Ophthalmol* 1984;**98**:451-5.
- [19] Neuhann T. Theorie und Operationstechnik der Kapsulorhexis. *Klin Monatsbl Augenteilkd* 1987;**190**:542-5.
- [20] Gimbel HV, Neuhann T. Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. *J Cataract Refract Surg* 1990;**16**:31-7.
- [21] Jacob S, Agarwal A, Agarwal A, Agarwal S, Chowdhary S, Chowdhary R, et al. Trypan blue as an adjunct for safe phacoemulsification in eyes with white cataract. *J Cataract Refract Surg* 2002;**28**:1819-25.
- [22] Melles GR, de Waard PW, Pameyer JH, Houdijn Beekhuis W. Trypan blue capsule staining to visualize the capsulorhexis in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 1999;**25**:7-9.
- [23] Oetting TA, Omphroy LC. Modified technique using flexible iris retractors in clear corneal cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2002;**28**:596-8.
- [24] Kratz RP. Symposium: phacoemulsification difficulties, complications and management. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1974;**78**: 18-21.
- [25] Maloney WF. An approach for beginning phacosurgeons. *Implants Ophthalmol* 1989;**4**:96-101.
- [26] Fine IH. The chip and flip phacoemulsification technique. *J Cataract Refract Surg* 1991;**17**:366-71.
- [27] Gimbel HV. Divide and conquer neucleofractis phacoemulsification: development and variations. *J Cataract Refract Surg* 1991;**17**:281-91.
- [28] Nagahara K. *American society of cataract and refractive surgery (ASCRS) Meeting: 2<sup>th</sup> May, 1993.*
- [29] Can I, Takmaz T, Cakisi F, Ozgul M. Comparison of Nagahara phaco-chop and stop-and-chop phacoemulsification nucleotomy techniques. *J Cataract Refract Surg* 2004;**30**:663-8.
- [30] Fine IH. Crack and flip phacoemulsification technique. *J Cataract Refract Surg* 1991;**17**:797-802.
- [31] Fine IH, Packer M, Hoffman RS. Use of power modulations in phacoemulsification. Choo-choo chop and flip phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2001;**27**:188-97.
- [32] Mazzocco TR. Progress report silicone IOLs. *Cataract* 1984:18-9.
- [33] Laroche L, Bourcier T, Borderie V. Biomateriaux en ophtalmologie. *Encycl Méd Chir* (Elsevier SAS, Paris), Ophtalmologie, 21-070-C-30, 1997: 10p.
- [34] Nishi O, Nishi K. Preventing posterior capsule opacification by creating a discontinuous sharp bend in the capsule. *J Cataract Refract Surg* 1999;**25**:521-6.
- [35] Nishi O, Nishi K, Akura J, Nagata T. Effect of round-edged acrylic intraocular lenses on preventing posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg* 2001;**27**:608-13.
- [36] Bhermi G, Spalton D, El-Osta A, Marshall J. Failure of a discontinuous bend to prevent lens epithelial cell migration in vitro. *J Cataract Refract Surg* 2002;**28**:1256-61.
- [37] Hoffman RS, Fine IH. New techniques and instruments for lens implantation. *Curr Opin Ophthalmol* 1999;**10**:16-21.
- [38] Ghipponi JP. Évolution des injecteurs. *Réflexions ophtalmologiques* 2004;**73**:20-2.
- [39] Mahmood MA, Teichmann KD, Tomey KF, Al-Rashed D. Detachment of Descemet's membrane. *J Cataract Refract Surg* 1998;**24**:827-33.
- [40] Yi DH, Dana MR. Corneal edema after cataract surgery: incidence and etiology. *Semin Ophthalmol* 2002;**17**:110-4.
- [41] Batlan SJ, Dodick JM. Corneal complications of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 1996;**7**:52-6.
- [42] Pham T, Volkmer C, Antoni HJ, Anders N, Wollensak J. Cataract surgery in narrow pupil and postoperative fibrin reaction, especially after sphincterectomy. *Ophthalmologie* 1997;**94**:647-50.

- [43] Taguri AH, Sanders R. Iris prolapse in small incision cataract surgery. *Ophthalmic Surg Lasers* 2002;**33**:66-70.
- [44] Arbisser LB. Managing intraoperative complications in cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2004;**15**:33-9.
- [45] Gimbel HV. Posterior capsule tears using phacoemulsification. Causes, prevention and management. *Eur J Implant Ref Surg* 1990;**2**:63-9.
- [46] Shah VA, Gupta SK, Chalam KV. Management of vitreous loss during cataract surgery under topical anesthesia with transconjunctival vitrectomy system. *Eur J Ophthalmol* 2003;**13**:693-6.
- [47] Chalam KV, Shah VA. Successful management of cataract surgery associated vitreous loss with sutureless small-gauge pars plana vitrectomy. *Am J Ophthalmol* 2004;**138**:79-84.
- [48] Kim IK, Miller JW. Management of dislocated lens material. *Semin Ophthalmol* 2002;**17**:162-6.
- [49] Moore JK, Scott IU, Flynn Jr HW, Smiddy WE, Murray TG, Kim JE, et al. Retinal detachment in eyes undergoing pars plana vitrectomy for removal of retained lens fragments. *Ophthalmology* 2003;**110**:709-14.
- [50] Nordlund ML, Marques DM, Marques FF, Cionni RJ, Osher RH. Techniques for managing common complications of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2003;**14**:7-19.
- [51] Ling R, Cole M, James C, Kamalarajah S, Foot B, Shaw S. Suprachoroidal haemorrhage complicating cataract surgery in the UK: epidemiology, clinical features, management, and outcomes. *Br J Ophthalmol* 2004;**88**:478-80.
- [52] Khurshid GS, Fahy GT. Endophthalmitis secondary to corneal sutures: series of delayed-onset keratitis requiring intravitreal antibiotics. *J Cataract Refract Surg* 2003;**29**:1370-2.
- [53] Flament J, Lenoble P. Cataracte secondaire. *Encycl Méd Chir* (Elsevier SAS, Paris), Ophtalmologie, 21-250-D-25,1997: 2p.
- [54] Ayed T, Rannen R, Naili K, Sokkah M, Gabsi S. Les facteurs de risque de la cataracte secondaire. *J Fr Ophtalmol* 2002;**25**:615-20.
- [55] Nishi O, Nishi K. Preventive effect of a second-generation silicone intraocular lens on posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg* 2002;**28**:1236-40.
- [56] Kruger A, Schauenberg J, Abela C, Schild G, Amon M. Two years results: sharp versus rounded optic edges on silicone lenses. *J Cataract Refract Surg* 2000;**26**:566-70.
- [57] Buehl W, Findl O, Menapace R, Rainer G, Sacu S, Kiss B, et al. Effect of an acrylic intraocular lens with a sharp posterior optic edge on posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg* 2002;**28**:1105-11.
- [58] Wallin TR, Hinckley M, Nilson C, Olson RJ. A clinical comparison of a single-piece and three piece truncated hydrophobic acrylic intraocular lens. *Am J Ophthalmol* 2003;**136**:614-9.
- [59] Linnola RJ. Sandwich theory: bioactivity-based explanation for PCO. *J Cataract Refract Surg* 1997;**23**:1539-42.
- [60] Menapace R, Findl O, Georgopoulos M, Rainer G, Vass C, Schmetterer K. The capsular tension ring: designs, applications, and techniques. *J Cataract Refract Surg* 2000;**26**:898-912.
- [61] Lois N, Wong D. Pseudophakic retinal detachment. *Surv Ophthalmol* 2003;**48**:467-87.
- [62] Durak I, Ozbek Z, Ferliel ST, Oner FH, Soylev M. Early postoperative capsular block syndrome. *J Cataract Refract Surg* 2001;**27**:555-9.
- [63] Patterson JA, Ezra E, Gregor ZJ. Acute full-thickness macular hole after uncomplicated phacoemulsification cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2001;**131**:799-800.
- [64] Yasutani H, Hayashi K, Hayashi H, Hayashi F. Intraocular pressure rise after phacoemulsification surgery in glaucoma patients. *J Cataract Refract Surg* 2004;**30**:1219-23.
- [65] Haefliger E, Parel JM, Fantès F, Norton EW, Anderson DR, Forster RK, et al. Accommodation of an endocapsular silicone lens (Phaco-Ersatz) in the non-human primate. *Ophthalmology* 1987;**94**:471-7.

S. Milazzo (Milazzo.Solange@chu-amiens.fr).

P. Laurans.

P. Turut.

Service d'ophtalmologie, CHU, place Victor-Pauchet, 80054 Amiens cedex 1, France.

Toute référence à cet article doit porter la mention : Milazzo S., Laurans P., Turut P. Phacoémulsification. EMC (Elsevier SAS, Paris), Ophtalmologie, 21-250-C-50, 2005.

Disponibles sur [www.emc-consulte.com](http://www.emc-consulte.com)



Arbres  
décisionnels



Iconographies  
supplémentaires



Vidéos /  
Animations



Documents  
légaux



Information  
au patient



Informations  
supplémentaires



Auto-  
évaluations