



# TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION</b>	<b>04</b>	<b>APPLICATIONS</b>	<b>18</b>
		Coupe et hémostase	
<b>LE PRINCIPE DE LA CHIRURGIE HF</b>	<b>05</b>	Scellement des tissus	
Bases physiques		Dévitalisation et ablation	
Modifications des tissus sous l'effet de la chaleur		Résection de tissus	
Facteurs influençant l'effet de la chirurgie HF			
<b>EFFETS DE LA CHIRURGIE HF SUR LES TISSUS</b>	<b>09</b>	<b>GLOSSAIRE</b>	<b>19</b>
Coupe			
Hémostase par coagulation			
Dévitalisation et ablation			
Scellement des vaisseaux par thermofusion			
<b>PROCÉDÉS DE CHIRURGIE HF</b>	<b>12</b>		
Technique monopolaire			
Technique bipolaire			
Coagulation par plasma d'argon			
<b>RÈGLES DE BASE POUR UNE UTILISATION EN TOUTE SÉCURITÉ</b>	<b>14</b>		
Effet thermique du courant électrique			
Liquides et gaz inflammables			
Perturbation d'autres appareils			
Observations diverses			
<b>INSTRUMENTS</b>	<b>16</b>		
Instruments de coupe			
Instruments de coagulation			
Instruments pour la coagulation par plasma d'argon			



#### Remarque importante

*Erbe Elektromedizin GmbH a créé cette brochure contenant les recommandations pour le réglage avec la plus grande attention. Néanmoins, les erreurs ne peuvent pas être complètement exclues. Les informations et indications contenues dans les recommandations de réglage n'octroient aucun droit à l'encontre d'Erbe Elektromedizin GmbH. Si des motifs légaux contraignants imposent une quelconque responsabilité, elle se limite au dol et à la faute lourde.*

*Les indications concernant les recommandations pour le réglage, les points d'application, la durée d'application et l'emploi des instruments reposent sur l'expérience clinique, étant entendu que certains centres et certains médecins préfèrent également d'autres réglages, indépendamment de ces recommandations. Il s'agit uniquement de valeurs indicatives, dont l'applicabilité doit être vérifiée par le chirurgien. Selon les situations individuelles, il se peut qu'il soit nécessaire de déroger aux indications données dans cette brochure.*

*La médecine fait l'objet de développements constants résultant de la recherche et des expériences cliniques. Pour cette raison également, il peut être utile de déroger aux indications contenues dans cette brochure.*

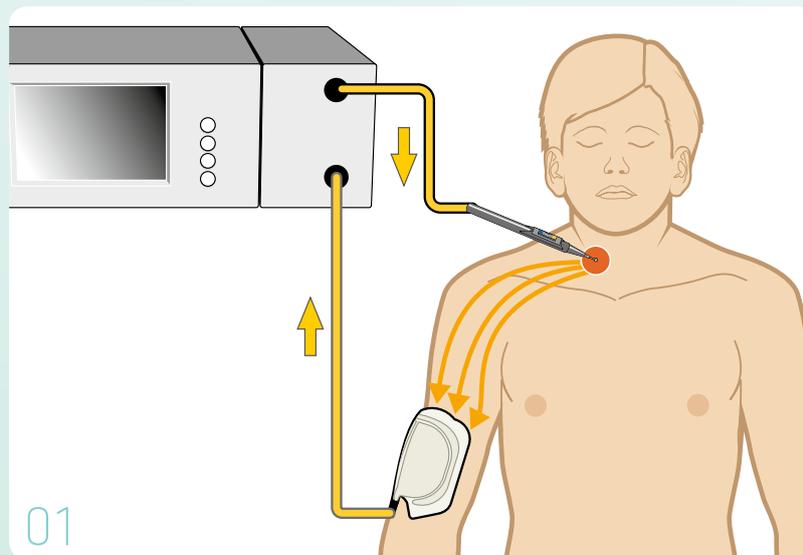


*La chirurgie à haute fréquence (chirurgie HF) compte aujourd'hui parmi les procédés de chirurgie bien établis. Elle est pratiquée par les chirurgiens de toutes les disciplines. Ses avantages résident avant tout dans le contrôle de l'effet chirurgical, ses possibilités d'application dans de nombreux domaines, en partie nouvelles et inédites, et la grande variété des instruments et de leurs formes. En chirurgie conventionnelle, mais aussi, en particulier, dans la chirurgie mini-invasive, elle apporte une contribution précieuse à l'efficacité des interventions et à la réduction du stress pour les patients.*

*Cette brochure doit vous aider à comprendre les principes de la chirurgie HF. Elle explique les effets de la chirurgie HF au niveau des tissus et les procédés, donne des indications et des informations de base pour une utilisation sûre, présente des instruments et donne un aperçu des domaines d'application. Elle se termine par un glossaire des termes techniques employés en chirurgie HF.*

# Le principe de l'électrochirurgie

L'Electrochirurgie consiste à appliquer un courant électrique de haute fréquence sur des tissus biologiques dans le but d'obtenir un effet thermique utilisable à des fins médicales. Ce premier chapitre explique les bases physiques de l'échauffement de tissus par du courant électrique. Il donne un aperçu des processus déclenchés dans le tissu par la chaleur et mentionne des facteurs importants qui ont une influence sur l'effet chirurgical.



Le principe de la chirurgie HF. L'effet résulte de l'échauffement du tissu traversé par un courant électrique (flèches jaunes).

## BASES PHYSIQUES

01

La figure 01 illustre le principe de la chirurgie HF. Le patient est relié à l'appareil d'électrochirurgie par deux électrodes. L'appareil produit une tension électrique entre les électrodes (voir l'encadré « Notions élémentaires de physique », p. 6). Le tissu biologique étant conducteur, un courant passe à travers le corps du patient entre les deux électrodes. Le circuit est donc fermé. Le courant génère dans le tissu de la chaleur qui permet d'obtenir un effet donné. On a là une différence importante entre la chirurgie HF et la cautérisation : dans la chirurgie HF, l'échauffement n'est pas exogène, c'est-à-dire produit par un instrument chauffé, mais endogène, c'est-à-dire produit par le courant circulant dans le tissu. Pour éviter les brûlures acides dues aux processus électrolytiques et empêcher les excitations nerveuses et musculaires, on utilise un courant alternatif de 200 kHz au minimum. D'où le nom de chirurgie à haute fréquence.

**L'effet chirurgical dépend en grande partie de la quantité de chaleur dégagée et de sa répartition dans le tissu.**

La quantité de chaleur est déterminée par la tension et par la résistance du tissu. La répartition de la chaleur est le résultat de la répartition de la résistance du tissu et de la géométrie du trajet du courant. Quelques phénomènes physiques, qui sont expliqués ci-dessous, permettent de le comprendre.

La quantité de chaleur dégagée dans le tissu par unité de temps est la puissance électrique, c'est-à-dire le produit du courant et de la tension (voir encadré, p. 6). Le courant et la tension sont liés par la résistance. Cela vaut d'une manière générale pour le tissu situé entre les électrodes comme localement, à n'importe quel endroit du tissu. Le trajet du courant est le chemin suivi par le courant à travers le tissu entre les électrodes (signalé par les flèches jaunes sur la figure 01).

Ici, le courant, la tension et la résistance se répartissent de différentes manières. Pour le comprendre, on peut se représenter le trajet du courant comme subdivisé en fines tranches dont la surface est la surface de section. Le courant qui passe à travers chaque tranche est toujours le même. La résistance peut être différente à chaque point de la tranche. Le courant se répartit sur la tranche et passe de préférence là où la résistance est faible. À cet endroit donc, la densité de courant est plus élevée qu'aux points où la résistance est plus grande. La résistance totale d'une tranche est le résultat de la répartition de la résistance locale sur sa surface, la zone où la résistance est la plus petite étant déterminante. La tension locale sur chaque tranche est la même en chaque point de la section et résulte du courant total et de la résistance totale de la tranche. En additionnant les tensions et les résistances de toutes les tranches, on obtient

la tension totale et la résistance totale du tissu entre les électrodes. L'intensité de courant découle de la tension totale et de la résistance totale.

Le dégagement de chaleur est important aux points où la densité de courant et/ou la tension locale sont élevées. On a une densité de courant élevée lorsque la surface de section du trajet du courant est petite ou lorsqu'il n'y a que de petites zones où la résistance locale est faible. On a une tension locale élevée lorsque le courant ne peut pas contourner les zones où la résistance locale est plus élevée. La quantité et la répartition de la chaleur libérée sont donc déterminées par la tension, la résistance du tissu et la géométrie du trajet du courant.

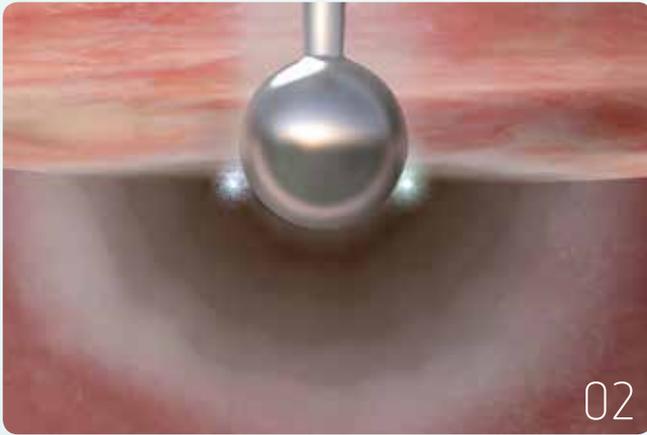
## NOTIONS ÉLÉMENTAIRES DE PHYSIQUE

*Les charges électriques positives et négatives s'attirent, elles exercent donc une force les unes sur les autres. Pour annuler cette force d'attraction et séparer ces charges positives et négatives, il faut de l'énergie (unité : joule). La tension électrique (unité : volt) entre les charges positives et négatives est l'énergie nécessaire par quantité de charges pour les séparer. S'il y a une liaison conductrice, les charges vont l'une vers l'autre : un courant électrique circule (unité : ampère). La quantité de courant le long du conducteur parcouru par le courant reste la même. La densité de courant est la quantité de courant par unité de surface de section du conducteur. Chaque conducteur oppose au courant une résistance (unité : ohm), qui dépend de la géométrie et du matériau. Plus la résistance est grande, moins il passe de courant si la tension reste la même ou, pour que le courant reste le même, la tension doit être plus élevée. La tension totale est la somme des tensions locales le long du conducteur*

*et la résistance totale est la somme des résistances locales le long du conducteur. La tension locale augmente lorsque la résistance locale augmente, par exemple du fait d'une modification des propriétés du matériau ou d'une surface de section plus petite.*

*Le flux de courant génère de la chaleur. L'énergie qui était nécessaire pour séparer les charges est libérée sous forme de chaleur. L'énergie libérée par unité de temps (seconde) est appelée puissance (unité : watt). La puissance est le produit du courant par la tension.*

*Un courant continu circule toujours dans la même direction. Si le courant et la tension changent périodiquement de direction, ils sont appelés respectivement courant alternatif et tension alternative. Une période comprend deux changements de direction. Le nombre de périodes par seconde est appelé fréquence (unité : hertz).*



Changements induits par la chirurgie HF dans les tissus biologiques (représentation schématique).

## MODIFICATIONS DES TISSUS SOUS L'EFFET DE LA CHALEUR

02

L'échauffement induit différents processus dans le tissu (tableau à droite et figure 02). Ces processus sont déterminés en premier lieu par la température atteinte. Les processus les plus importants pour la chirurgie HF sont la dénaturation des protéines à partir d'environ 60 °C (coagulation) et la déshydratation du tissu à environ 100 °C. La rapidité de l'échauffement et la durée d'action de la température élevée déterminent la rapidité et l'efficacité de ces processus.

### EFFET DE L'ÉCHAUFFEMENT SUR LES TISSUS BIOLOGIQUES.

37-40°C

aucun

à partir ~ 40°C

**hyperthermie :**

détérioration naissante des tissus, développement d'un œdème, selon la durée d'application, le tissu peut se reconstituer ou se nécroser (dévitalisation)

à partir ~ 60°C

**dévitalisation** (dégénérescence)

des cellules, réduction du tissu conjonctif par dénaturation

~ 100°C

transformation du liquide tissulaire en vapeur en fonction de la vitesse de vaporisation :

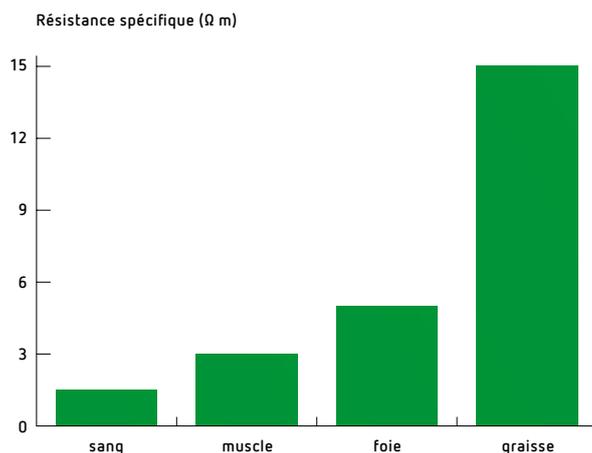
- réduction tissulaire par dessiccation (dessèchement) ou
- coupure provoquée par la déchirure mécanique du tissu

à partir ~ 150°C

**carbonisation** (charbonnage)

à partir ~ 300°C

**vaporisation** (destruction du tissu entier)



03

Résistance spécifique (part dépendante du matériau sans facteur géométrique) pour différents types de tissu à env. 300 kHz.

## FACTEURS INFLUENÇANT L'EFFET DE LA CHIRURGIE HF

03

L'effet chirurgical est déterminé par la température atteinte dans le tissu et la durée d'action de la température ainsi que par la rapidité de l'échauffement. La rapidité de l'échauffement et la durée d'action de la température élevée sont déterminées par la puissance appliquée au tissu et par son évolution dans le temps. La température atteinte est déterminée par l'énergie (puissance x temps). La répartition locale de la chaleur dégagée dépend de la densité de courant et de la répartition de la résistance du tissu. De là découlent différents facteurs influant sur l'effet chirurgical :

### Forme de l'électrode et surface de contact :

Si la surface de contact entre l'électrode et le tissu est petite, la densité de courant étant élevée, l'échauffement est rapide et important. Pour la même puissance, si la surface de contact est plus grande, la densité de courant est plus faible, et l'échauffement est plus lent et moins important. L'échauffement est le plus important lorsque la surface de contact entre l'électrode et le tissu est très petite, c'est-à-dire si elle n'est pas plus grande qu'un point.

### Rapidité du déplacement de l'électrode et ligne de coupe :

La durée du contact entre l'électrode et le tissu influe sur la température atteinte et sa durée d'action. On peut également modifier la surface de contact en déplaçant l'électrode, par exemple en l'enfonçant plus profondément.

### Propriétés des tissus :

Différents tissus, par exemple musculaire, adipeux ou vasculaire, s'échauffent plus ou moins bien selon leurs propriétés électriques et thermiques, et ils peuvent aussi réagir différemment à la chaleur. La résistance électrique, qui détermine la puissance appliquée, joue ici un rôle important. Étant donné que le flux de courant est formé par les mouvements des ions dans le fluide électrolytique du tissu, la résistance dépend essentiellement de la teneur du tissu en eau, qui diffère selon le type (fig. 03). La résistance augmente rapidement lorsque le tissu commence à se dessécher en raison de l'évaporation de l'eau. Cela peut entraîner un échauffement accru des zones desséchées du tissu.

### Mode de fonctionnement de l'appareil de chirurgie HF :

Le courant et la tension dépendent avant tout des propriétés du tissu, de la taille de la surface de contact et des propriétés du générateur haute fréquence de l'appareil d'électrochirurgie. Dans ces conditions, il est difficile d'obtenir un effet reproductible. L'introduction par Erbe de la chirurgie à haute fréquence régulée dans les années 80 était un grand pas en avant dans ce domaine. Des appareils de chirurgie HF modernes surveillent en permanence le courant et la tension, à partir desquels ils calculent et analysent certaines valeurs comme la puissance et la résistance des tissus. Un dispositif de commande et de régulation leur permet de maintenir les paramètres techniques constants ou de les modifier en fonction de l'effet souhaité. Ils peuvent par exemple compenser les différences entre divers types de tissu, réagir aux modifications des propriétés du tissu, par exemple au dessèchement dû à l'échauffement, et garantir la reproductibilité de l'effet.

# Effets de la chirurgie HF sur les tissus

Les deux effets classiques de la chirurgie HF sont la dissection de tissus (coupe) d'une part, et l'arrêt des saignements (hémostase), que l'on assimile souvent à la coagulation, d'autre part. Sur les éléments de commande et les afficheurs des dispositifs de chirurgie HF, la coupe est représentée par la couleur jaune et la coagulation par la couleur bleue. À partir des procédés d'hémostase, des procédés de dévitalisation et d'ablation de tissus ainsi que le scellement des vaisseaux, ont été développés et entrent également dans la catégorie des effets de coagulation et sont désignés par la couleur bleue.



Coupe en chirurgie HF. L'électrode est enveloppée d'une couche de vapeur. Le courant est transmis par des arcs électriques.

## COUPE

01

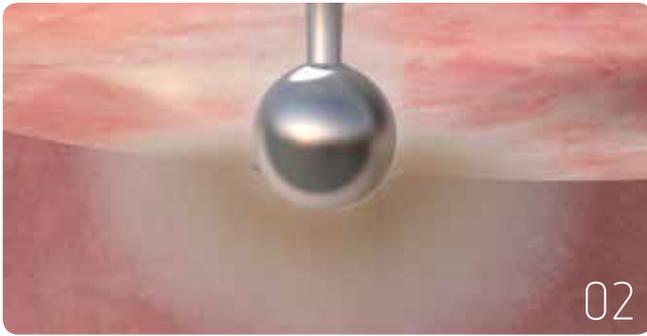
Pour séparer un tissu, il faut l'amener rapidement à une température de plus de 100 °C de manière que l'eau qu'il contient s'évapore d'un seul coup et le déchire. La densité de courant élevée nécessaire pour cela est obtenue au moyen de courts arcs électriques (étincelles) qui se forment entre l'électrode et le tissu à des tensions de crête d'environ 200 V et plus. Les arcs électriques, des éclairs minuscules, provoquent un flux de courant presque punctiforme (fig. 01). L'électrode de coupe type a généralement la forme d'une spatule, d'une aiguille ou d'une anse droite. Elle n'est pas directement en contact avec le tissu pendant la coupe, car elle est entourée de vapeur provenant de l'évaporation du liquide. Les arcs électriques entre la surface de l'électrode et le point le plus proche du tissu se forment de préférence sur les bords. Le tissu qui se trouve devant l'extrémité de l'électrode est rapidement balayé, se vaporise et une incision est créée. L'électrode peut être dirigée sans effort à travers le tissu. Ce procédé est également appelé électrotomie.

Si on augmente la tension, l'intensité des arcs électriques augmente. Le flux de courant est plus élevé que le flux nécessaire pour la coupe seule. Cela conduit à l'évaporation d'une plus grande quantité de liquide et à un échauffement plus important du tissu environnant. Il se produit dans ce tissu une coagulation, mais aussi une carbonisation indésirable si la chaleur est forte. Les caractéristiques de la coupe, en particulier l'étendue de la zone de coagulation sur le bord de la coupe, sont aussi appelées qualité de la coupe. La qualité souhaitée pour la coupe dépend de l'application. Elle

peut être influencée par l'utilisateur, au niveau de la rapidité de la coupe – coagulation moins importante et coupe plus rapide – et sur l'appareil, par le réglage des paramètres de régulation. Les modes de réglage les plus courants sont présentés ci-dessous.

**Régulation de la tension :** La tension électrique est déterminante pour la formation des arcs électriques. Avec la résistance électrique du tissu, elle détermine le flux de courant, donc l'énergie appliquée pour chaque arc électrique. Donc, une tension constante produit une coupe de qualité régulière, indépendamment de la profondeur de l'incision. La qualité de la coupe dépend toutefois aussi de la vitesse de coupe et du tissu – par exemple, sa résistance étant plus faible, un tissu musculaire peut être coupé à une tension plus basse qu'un tissu adipeux. Une coupe reproductible pour les tissus dont les propriétés ne changent pas est ainsi garantie. En même temps, la sélectivité de l'effet par rapport au tissu peut être utilisée pour la préparation de différents types de tissu.

**Régulation de l'arc électrique :** L'intensité des arcs électriques détermine l'effet de coupe. Les appareils de chirurgie HF modernes peuvent mesurer cette intensité et la maintenir à un niveau constant en réglant la tension. Le réglage de l'arc électrique permet d'obtenir une coupe de qualité régulière, indépendamment du type de tissu, de la vitesse de coupe et de la forme de l'électrode.

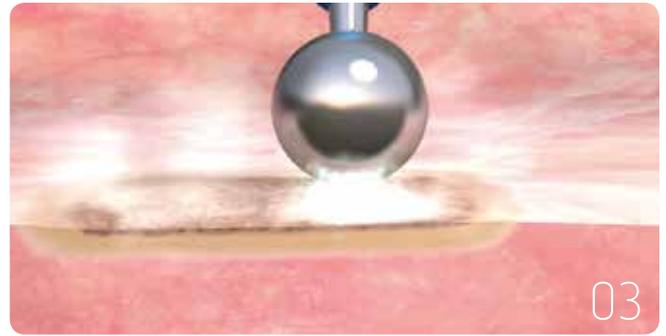


02

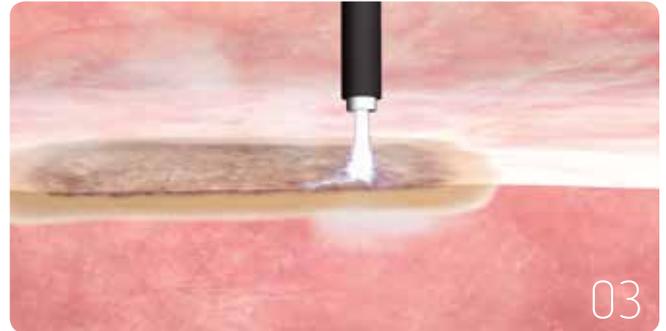


02

↑ Coagulation par contact à basse tension  
↓ et à tension élevée modulée



03



03

↑ Coagulation sans contact, fulguration  
↓ coagulation par plasma d'argon

**Modulation :** Pour les coupes avec une coagulation plus importante, une tension de crête plus élevée est nécessaire. Pour éviter un effet de coupe excessif et la carbonisation, il est nécessaire d'abaisser la puissance moyenne. Pour cela, la tension alternative est modulée, ce qui signifie que sa valeur de crête est modifiée dans le temps. Une forme de modulation fréquente consiste à interrompre le flux de courant à de brefs intervalles (« notching »). La modulation est normalement si rapide que l'utilisateur ne remarque que le changement de l'effet sur le tissu. Le rapport entre la tension de crête et la tension moyenne (valeur effective), appelé facteur de crête, est un indicateur de l'ampleur de la modulation.

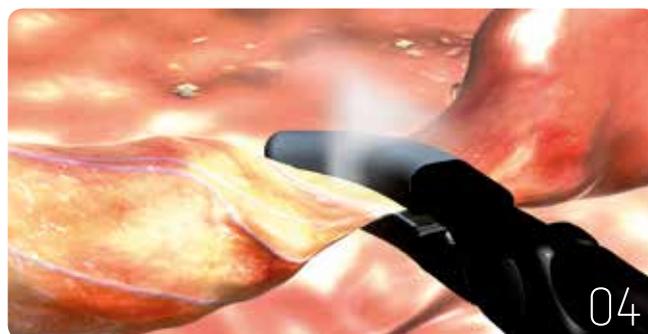
**Limitation de puissance :** La puissance délivrée peut être limitée à une valeur maximale. On a ainsi la garantie qu'elle ne dépassera pas la puissance nécessaire pour obtenir l'effet souhaité, d'où une plus grande sécurité pour le patient et le médecin.

**Réglage de la puissance :** On peut aussi réguler la puissance en ramenant la tension à une valeur constante appropriée. Comme le réglage de l'arc électrique, le réglage de la puissance permet d'obtenir une qualité de coupe en grande partie indépendante du tissu, mais qui dépend davantage de la taille de la surface de contact.

## HÉMOSTASE PAR COAGULATION

02,03

Lorsque le tissu qui saigne est échauffé suffisamment lentement, les protéines qu'il renferme et le sang se coagulent. Le tissu se rétracte et commence à se déshydrater. La rétraction et la coagulation du sang ferment les vaisseaux et le saignement s'arrête. La coagulation peut être effectuée avec contact direct avec le tissu (coagulation par contact) ou sans contact. La coagulation par contact est indiquée avant tout pour arrêter des saignements limités localement. Elle utilise soit des tensions basses (fig. 02 ↑), soit des formes de tension modulées avec une valeur de crête plus élevée (fig. 02 ↓). Les tensions plus élevées permettent de travailler plus rapidement, mais elles peuvent provoquer des projections d'étincelles et une carbonisation. Dans la coagulation sans contact, le courant à haute tension de plusieurs milliers de volts est transmis par des arcs électriques. À la différence de la coupe, les arcs électriques sont en règle générale répartis sur une zone assez grande, de telle sorte que l'on obtient une surface de coagulation étendue. Cela permet d'arrêter efficacement des saignements superficiels, diffus. La méthode conventionnelle utilise des arcs électriques dans l'air. Elle est aussi appelée « fulguration » (fig. 03 ↑). La coagulation par plasma d'argon (APC, fig. 03 ↓) décrite au chapitre « Coagulation par plasma d'argon », page 13, donne un résultat plus régulier et mieux contrôlable.



*Scellement des vaisseaux par thermofusion. Le vaisseau est saisi au moyen d'une pince bipolaire et obturé par coagulation.*

---

## DÉVITALISATION ET ABLATION

---

**Les anomalies des tissus, telles que les lésions ou les tumeurs, peuvent être traitées de différentes manières : dévitalisation (destruction), réduction ou ablation.**

La dévitalisation consiste à endommager irréversiblement le tissu en l'échauffant à des températures dépassant 60 °C. Pour la dévitalisation superficielle, la coagulation par plasma d'argon (APC) est la méthode qui convient le mieux, alors que la coagulation par contact avec des électrodes boules ou aiguilles est préférable pour les zones plus étendues et plus profondes. Avec des courants plus faibles et une durée d'application plus longue, on obtient souvent un meilleur effet en profondeur, car le tissu le long de l'électrode ne se dessèche pas aussi rapidement et ne perd donc pas sa conductibilité. La chaleur a donc plus de temps pour se diffuser en profondeur dans le tissu. Cet effet est également obtenu avec des tensions modulées. De plus, pendant les pauses entre les passages de courant, le fluide des tissus avoisinants peut se rediffuser dans le tissu qui se trouve à proximité immédiate de l'électrode et contribuer ainsi à retarder encore le dessèchement. La dévitalisation de tissu indésirable est souvent appelée ablation à haute fréquence ou par radiofréquence, bien qu'il ne s'agisse pas d'une résection de tissu à proprement parler. Le tissu détruit est ensuite dégradé par métabolisme par l'organisme du patient.

Une ablation proprement dite, non mécanique, est difficilement réalisable par la chirurgie HF. L'APC à une puissance élevée peut provoquer une évaporation rapide, tout au moins du fluide tissulaire. Mais souvent aussi, le reste du tissu se carbonise. Un échauffement plus lent permet au moins de réduire le volume du tissu indésirable par rétraction, sans carbonisation, par déshydratation.

---

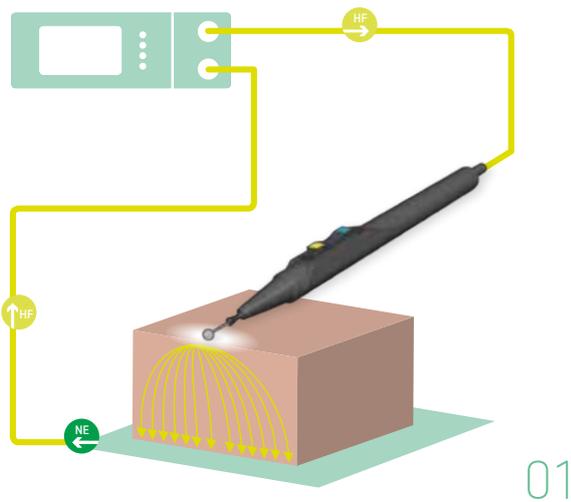
## SCELLEMENT DE VAISSEAUX PAR THERMOFUSION 04

---

Avant une dissection, on peut sceller les tissus vascularisés ou des vaisseaux individuels assez grands par coagulation. Les parois du vaisseau à sceller sont pressées l'une contre l'autre au moyen d'une pince et on fait passer du courant entre les branches de la pince. La coagulation provoque, comme pour une soudure, la fusion des protéines dénaturées des parois du vaisseau. Pendant ce temps, l'appareil de chirurgie HF surveille en permanence la modification de la résistance du tissu entre les branches. Le réglage automatique de la tension de crête et de la modulation évite des lésions thermiques excessives dans les tissus avoisinants. Le tissu scellé peut ensuite être coupé au moyen d'un bistouri mécanique ou électrique. Ce procédé tend à supplanter l'obturation par clips ou par sutures.

# Procédés de chirurgie HF

On distingue en chirurgie HF deux procédés : la technique monopolaire et la technique bipolaire. On distingue également la technique par contact et la technique sans contact. Un procédé important sans contact est la coagulation par plasma d'argon. Ce chapitre donne un aperçu de la technique monopolaire, de la technique bipolaire et de la coagulation par plasma d'argon.



*Technique monopolaire :*  
l'effet chirurgical se produit à l'endroit de l'électrode active (EA),  
où la densité de courant est la plus élevée.  
Le courant revient en traversant l'électrode neutre (EN) de grande surface.

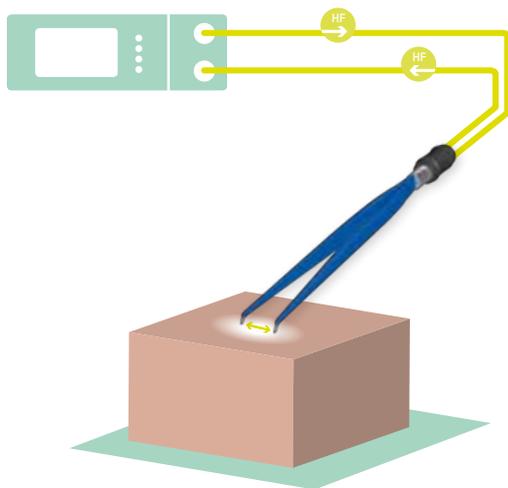
## TECHNIQUE MONOPOLAIRE

01

Dans la chirurgie HF monopolaire, les deux électrodes entre lesquelles le courant passe ont des formes différentes. L'effet chirurgical se produit à l'endroit de l'électrode active. L'électrode active a une surface de contact relativement petite, afin d'atteindre ici la densité de courant maximale. La seconde électrode est l'électrode neutre, de grande surface. Elle est appliquée à un emplacement approprié sur la peau du patient. L'échauffement du tissu par le courant HF, qui déclenche une coupe ou une coagulation à l'endroit de l'électrode active, est minime et à peine perceptible pour le patient à l'endroit de la grande électrode neutre, et il n'y a pas d'effet chirurgical.

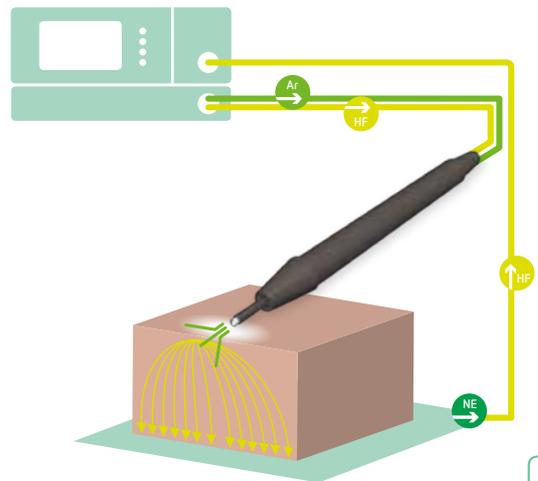
Un mauvais contact entre l'électrode neutre et la peau ou une surface de contact trop petite peuvent provoquer des brûlures. Si des électrodes neutres à double surface ou plus sont utilisées, les appareils de chirurgie HF modernes mesurent la résistance entre les deux moitiés de l'électrode et peuvent ainsi détecter un mauvais contact avec la peau.

Étant donné que dans la technique monopolaire, le trajet du courant à travers le corps peut être long, pour garantir la sécurité de l'application, il faut tenir compte de quelques points. Ces aspects sont abordés plus en détail au chapitre suivant (page 14).



02

*Technique bipolaire :  
le courant passe principalement entre les deux électrodes.*



03

*Coagulation par plasma d'argon (APC) :  
le courant est transporté par le plasma d'argon conducteur entre  
l'électrode active (EA) et l'électrode neutre (EN).*

## TECHNIQUE BIPOLAIRE

02

Dans la chirurgie HF bipolaire, les deux électrodes sont intégrées dans un seul instrument. Le courant circule principalement dans la zone du tissu étroitement délimitée qui se trouve entre les électrodes. Une électrode neutre distincte n'est pas nécessaire. Souvent, les deux électrodes ont un effet chirurgical identique. Si les électrodes sont disposées asymétriquement et si leurs surfaces de contact sont différentes, l'effet ne se produit qu'à l'endroit de l'électrode de petite surface.

La limitation dans l'espace du flux de courant peut présenter des avantages en termes de sécurité. La technique bipolaire ne convient toutefois pas pour toutes les applications. Elle offre des avantages indéniables du fait de sa meilleure maniabilité, en particulier si on utilise des électrodes de coupe.

## COAGULATION PAR PLASMA D'ARGON

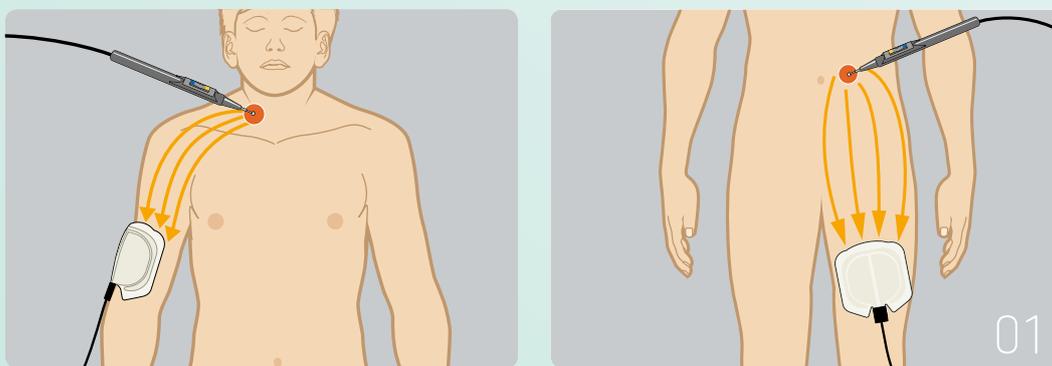
03

La coagulation par plasma d'argon (APC) est un procédé de coagulation monopolaire sans contact. Le courant est transmis par des arcs électriques via un gaz, de l'argon ionisé, c'est-à-dire conducteur : le plasma d'argon. L'APC est utilisée pour la coagulation de saignements diffus, pour la dévitalisation superficielle de tissus et pour la réduction de volume par vaporisation et rétraction. Elle présente un avantage important, car le tissu coagulé ne colle pas à l'instrument et ne peut donc pas se déchirer. Le plasma a en outre tendance à aller vers les zones qui ne sont pas encore coagulées, et sont donc meilleurs conducteurs. Si la puissance réglée est basse, on obtient donc une coagulation superficielle, relativement régulière, et une profondeur de pénétration moindre. On peut obtenir une coagulation plus profonde en augmentant la puissance.

# Regles de base

## pour une utilisation en toute securite

Comme tout dispositif médical, l'appareil de chirurgie HF présente aussi certains risques pour le patient, le manipulateur et l'environnement. Les informations contenues dans ce chapitre doivent aider l'utilisateur à comprendre les risques spécifiques de la chirurgie HF et à les minimiser en utilisant correctement les dispositifs. Ce chapitre ne dispense toutefois pas de lire attentivement et de respecter les consignes et les règles pour l'utilisation sûre des appareils ni de s'initier à leur maniement. Beaucoup de constructeurs proposent d'ailleurs des formations et de la documentation.



Trajet du courant à travers le patient (flèches jaunes) entre l'électrode active (EA) et l'électrode neutre (EN) dans l'application monopolaire.

### EFFET THERMIQUE DU COURANT ÉLECTRIQUE 01

L'effet de la chirurgie HF résulte du passage de courant alternatif à haute fréquence à travers le corps du patient entre deux électrodes. Ce courant génère dans les tissus de la chaleur en fonction de sa densité et des caractéristiques des tissus. Pour obtenir l'effet chirurgical, la densité de courant au site de l'intervention doit être élevée. Hors du site chirurgical, des obstacles au passage du courant peuvent toutefois entraîner des brûlures ou des coagulations intempestives. Ces obstacles sont par exemple les petites surfaces de contact, notamment entre le bout du doigt et la cuisse du patient, ou les zones où la couche de tissu bon conducteur est mince, par exemple dans les articulations. Le trajet du courant à travers le corps doit donc être le plus court possible, présenter une bonne conductibilité et avoir une grande surface de section.

Un contact électrique du patient avec le sol peut également provoquer des brûlures. Cela est dû à ce que l'on appelle des courants de fuite qui peuvent circuler en raison d'un couplage capacitif techniquement inévitable entre le générateur haute fréquence et le sol (voir l'encadré « Couplage capacitif, terre et courants de fuite »). Ces courants sont certes relativement faibles, mais ils peuvent provoquer une brûlure en cas de contact de petite surface du patient, par exemple, avec une table d'opération mise à la terre, ses accessoires métalliques ou un pied à perfusion.

Dans les applications bipolaires, la plupart de ces risques sont en très grandes parties exclus car, la distance entre les électrodes étant faible, le trajet du courant est court. Pour les applications monopolaires, ils peuvent être réduits à un minimum si on respecte quelques principes pour le positionnement du patient et l'utilisation de l'électrode neutre.

#### Positionnement du patient :

Le patient doit être bien isolé de la table d'opération. Les liquides étant en règle générale conducteurs, l'espace entre le patient et la table d'opération doit être autant que possible sec et imperméable. Les contacts peau à peau sont à éviter.

#### Électrode neutre :

Toute la surface de l'électrode neutre doit être bien en contact avec la peau du patient et l'électrode neutre doit être placée le plus près possible du site opératoire. Le trajet du courant entre l'électrode active et l'électrode neutre doit être court et passer à travers un tissu bien irrigué ayant autant que possible une grande surface de section (fig. 01).

---

## LIQUIDES ET GAZ INFLAMMABLES

---

Lors de la coupe, mais aussi de quelques types de coagulation, en particulier la coagulation par plasma d'argon, il se forme des arcs électriques qui transmettent le courant. Ces arcs électriques sont souhaitables pour produire l'effet chirurgical. Mais ils peuvent mettre le feu aux substances facilement inflammables comme les désinfectants liquides ou en spray ainsi qu'à d'autres gaz inflammables. Les gaz comburants comme l'oxygène pur peuvent aussi être dangereux dans ce contexte. Avant d'entreprendre une intervention à haute fréquence, il est donc impératif d'évacuer ces substances hors de la zone de l'opération, par exemple en les aspirant.

---

## PERTURBATION D'AUTRES APPAREILS

---

Les appareils de chirurgie HF peuvent perturber d'autres appareils utilisés en même temps qu'eux. Les causes de ces perturbations sont très complexes et différentes mesures peuvent être nécessaires pour résoudre le problème. Nous ne pouvons donc mentionner ici que les perturbations les plus fréquentes, avec leurs causes. Les fabricants d'appareils de chirurgie HF peuvent normalement fournir des informations plus détaillées à ce propos et aider à résoudre les problèmes.

Les courants alternatifs HF peuvent traverser des appareils reliés au patient et perturber leur fonctionnement. C'est le cas, par exemple, pour les stimulateurs cardiaques et d'autres implants actifs ainsi que pour les dispositifs de surveillance des patients. Ces problèmes peuvent être en partie réduits à un minimum si on place l'électrode neutre à un endroit approprié de manière à éviter les trajets de courant défavorables. En particulier pour les interventions sur les porteurs de stimulateur cardiaque, il y a lieu d'utiliser de préférence la technique bipolaire.

Une autre cause fréquente de perturbations est le couplage capacitif (voir encadré à droite) entre des câbles d'un appareil de chirurgie HF et, par exemple d'un électrocardiographe, proches les uns des autres. Les câbles de l'appareil de chirurgie HF doivent donc être autant que possible placés à distance des câbles d'autres appareils. Dans les applications endoscopiques, cela n'est possible que dans une certaine mesure. Ici, la transmission des données d'images peut être perturbée par le couplage capacitif entre les câbles de l'appareil de chirurgie HF et les câbles de données dans l'endoscope. Normalement, différentes mesures permettent également de résoudre ces problèmes. Des informations à ce propos sont disponibles chez les fabricants.

---

## OBSERVATIONS DIVERSES

---

### Nourrissons et enfants :

Lors de l'utilisation d'un mode monopolaire, si, pour des raisons de taille, les électrodes neutres standard ne peuvent pas être appliquées, on peut employer des électrodes neutres spéciales pour les nourrissons ou les enfants. Dans ce cas, le courant se répartit sur une surface plus petite. Pour éviter les brûlures causées par la densité de courant plus élevée, il est nécessaire de limiter le courant d'une manière générale, notamment en réglant l'appareil de chirurgie HF sur une valeur plus basse. Certains appareils sont équipés d'un dispositif de surveillance du courant spécial pour les électrodes pour les nourrissons et les enfants. Une autre possibilité consiste à réduire la surface de contact avec l'électrode active en coupant avec précaution ou en utilisant des électrodes de coagulation de petite surface.

### Grossesse :

Les courants appliqués en chirurgie HF n'ont pas d'effets nocifs connus sur l'embryon ou le fœtus. Chez les femmes enceintes, il est néanmoins recommandé d'utiliser la technique bipolaire.

### Plusieurs instruments raccordés à un appareil :

Du fait du couplage capacitif entre les câbles des instruments, un courant alternatif peut passer à travers le câble d'un instrument qui n'est pas activé et provoquer une brûlure à l'endroit de l'électrode. Les câbles des instruments doivent donc être bien séparés. Les instruments dont on n'a pas besoin doivent être déposés en lieu sûr et, en particulier, ne pas être posés sur le patient.

### Utilisation simultanée de deux appareils de chirurgie HF :

L'utilisation simultanée de deux appareils de chirurgie HF sur le même patient peut créer un certain nombre de problèmes provoqués par exemple, par la superposition des courants HF. Pour plus d'informations à ce sujet, il est recommandé de prendre contact avec les fabricants des appareils.

---

## COUPLAGE CAPACITIF, TERRE ET COURANTS DE FUITE

---

Un courant alternatif peut être transféré d'un conducteur à un autre sans liaison conductrice. Cela parce que la force d'attraction entre charges électriques s'exerce aussi au-delà des zones non conductrices. S'il y a une tension alternative entre deux conducteurs, un courant alternatif peut circuler dans ces deux conducteurs. Une liaison conductrice n'est pas nécessaire comme elle l'est pour le courant continu, car dans le courant alternatif, les charges électriques se déplacent entre les pôles positifs et négatifs et en moyenne, il n'y a pas de flux de charges. Ce phénomène est appelé **couplage capacitif**. Il survient entre des conducteurs rapprochés, par exemple entre des câbles. Plus la fréquence est élevée, mieux le courant peut être transmis. Le couplage capacitif peut donc se produire plus souvent aux fréquences utilisées en chirurgie HF, qui sont beaucoup plus élevées que la fréquence du réseau (50 Hz).

La tension du réseau d'alimentation se trouve entre la ligne électrique (phase) et le **sol** (terre). Si on touche la phase, un courant peut passer à travers le corps jusqu'à la terre. Pour exclure ce danger si l'appareil est défectueux, des boîtiers métalliques sont toujours reliés directement à la terre par le contact de mise à la terre de la prise de courant.

Dans le cas de la chirurgie HF, il faut impérativement éviter l'écoulement du courant HF directement vers la terre. Le générateur haute fréquence de l'appareil de chirurgie est donc isolé de la terre, de telle sorte que le circuit du courant ne peut être fermé que par la deuxième électrode. Du fait du couplage capacitif dans l'appareil, l'écoulement de faibles courants par la terre ne peut toutefois pas être évité. Ces courants sont appelés **courants de fuite** et sont limités dans la mesure où cela est techniquement possible.

# Instruments

Un grand choix d'instruments est proposé pour les différentes applications en Electrochirurgie. Ce chapitre donne un aperçu de ces instruments.

Il y a en principe deux types d'instruments, pour la coupe et pour la coagulation, mais aussi une combinaison des deux. On distingue en outre les instruments destinés aux applications monopolaires, aux applications bipolaires et à la coagulation par plasma d'argon. On peut aussi classer les instruments selon leur forme et leur domaine d'application. Les instruments de chirurgie ouverte se composent en règle générale d'un manche avec un raccord pour l'électrode. Pour la chirurgie mini-invasive, des instruments à tige rigide ou souple selon l'application, par exemple laparoscopie ou endoscopie flexible, sont nécessaires. Enfin, il y a pour un grand nombre d'instruments des modèles à usage unique et d'autres réutilisables.



01

Instrument de coupe  
à gauche : monopolaire, à droite : bipolaire

---

## INSTRUMENTS POUR LA COUPE

---

01

Pour la coupe, il faut une électrode ayant une extrémité avant droite. Les électrodes de coupe ont donc la forme d'aiguilles, de spatules, de boucles ou de crochets. Elles sont disponibles comme électrodes monopolaires pour les manches porte-électrodes ou comme instruments monopolaires ou bipolaires à tige rigide ou souple. Les instruments de coupe bipolaires ont en règle générale un anneau d'électrode neutre, qui doit être en contact avec le tissu pendant la coupe. Il existe en outre des ciseaux bipolaires avec deux électrodes de coupe. La figure 01 présente des exemples d'instruments de coupe monopolaires et bipolaires.



02

*Électrode boule monopolaire à grande surface de contact*



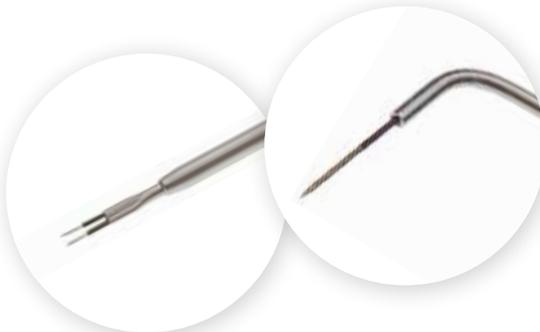
03

*Instruments bipolaires pour la thermofusion.  
À gauche : chirurgie à ciel ouvert, à droite : laparoscopie.*



05

*Manche pour APC avec applicateur à visser pour la chirurgie ouverte.*



04

*Électrodes de coagulation par ponction,  
à gauche : bipolaire, à droite : monopolaire*



06

*Sonde APC pour l'endoscopie flexible.*

---

**INSTRUMENTS POUR LA COAGULATION** 02,03,04

---

Des instruments de coagulation spéciaux sont proposés pour l'hémostase, le scellement des vaisseaux et l'ablation. En chirurgie ouverte, on utilise normalement pour l'hémostase un instrument monopolaire avec une grande surface de contact comme l'électrode boule (fig. 02) On peut aussi utiliser la face plate d'une spatule de coupe.

Pour le scellement des vaisseaux, il existe des pincettes et des pinces bipolaires de tailles et de formes différentes (fig. 03). Pour l'ablation de tissus par dévitalisation, on utilise des aiguilles monopolaires ou bipolaires (fig. 04).

---

**INSTRUMENTS POUR LA COAGULATION PAR PLASMA D'ARGON** 05,06

---

L'APC peut être utilisée pour l'hémostase et l'ablation par dévitalisation et par rétraction. Les instruments d'APC se composent d'une électrode et d'une ligne d'alimentation en argon. Ils sont disponibles dans un grand nombre de formes pour les différents domaines d'application (fig. 05). Introduite dans l'endoscopie flexible (fig. 06) par Erbe, l'APC est maintenant très répandue surtout dans cette discipline.

# Applications

La chirurgie à haute fréquence est une discipline qui se prête à de nombreuses applications, allant de la chirurgie générale à la neurochirurgie, la gastroentérologie, la gynécologie, l'urologie, la pneumologie, l'ORL et la dermatologie. Les caractéristiques et les possibilités de la chirurgie HF permettent de se faire une idée de l'étendue de ses applications :

- ☑ **coupe sans effort et avec peu de saignement au moyen d'électrodes mousses**
- ☑ **arrêt des hémorragies ponctuelles et étendues**
- ☑ **scellement du tissu vascularisé pour pouvoir le sectionner sans perte de sang**
- ☑ **dévitalisation et rétraction des tissus**
- ☑ **résection de tissus par coupe.**

Des applications typiques de ces techniques opératoires sont décrites ci-dessous. Vous trouverez des informations plus détaillées dans les manuels d'utilisation. De plus, beaucoup de fabricants proposent des formations à ces techniques.

---

## COUPE ET HÉMOSTASE

---

La coupe et l'hémostase sont les applications classiques de la chirurgie HF. Ces applications concernent toutes les disciplines. Pour arrêter les saignements, on pratique en règle générale une coagulation par contact ou par plasma d'argon. La coagulation par plasma d'argon (APC) sans contact présente de nets avantages en termes de résultat et de maniabilité, en particulier dans la chirurgie mini-invasive.

---

## SCELLEMENT DES TISSUS

---

Pour le scellement des structures tissulaires vascularisées et de vaisseaux de grande taille, on utilise des pincettes, des clips et des pinces bipolaires. Des applications typiques sont la mobilisation de l'intestin et la dissection des ganglions lymphatiques en chirurgie viscérale et la mobilisation de l'utérus avant résection en gynécologie.

---

## DÉVITALISATION ET ABLATION

---

Le traitement de tumeurs, de lésions et de l'hyperplasie tissulaire par dévitalisation et rétraction est un domaine d'application important de la chirurgie HF. Il est utilisé entre autres en gastroentérologie, en chirurgie du foie, en chirurgie ORL et en pneumologie. On utilise ici la coagulation par contact avec une électrode boule ou une aiguille ainsi que l'APC, pour la dévitalisation de surface ou encore pour la réduction de la masse de tissu, par exemple en cas de prolifération dans l'appareil digestif.

---

## RÉSECTION DE TISSUS

---

Une réduction de la masse de tissu peut aussi être obtenue par résection HF au moyen d'une électrode à anse. Cette technique est utilisée par exemple pour l'ablation de polypes intestinaux (polypectomie). L'appareil de chirurgie HF alterne ici automatiquement entre la coupe et la coagulation par contact pour réduire le risque d'hémorragie. Une autre application est la résection transurétrale de la prostate (RTUP). Ici, on pratique un curetage avec un résectoscope monopolaire ou bipolaire au moyen d'une anse sous irrigation. Un procédé semblable peut être utilisé en orthopédie pour lisser le tissu cartilagineux.

# Glossaire

**Ablation** Action d'enlever, de réduire ou de dévitaliser un tissu.

**Arc électrique** Décharge d'électricité en forme d'éclair très petit. Un gaz, par exemple de l'air ou de l'argon, est converti en plasma conducteur par ionisation. Les arcs électriques sont nécessaires en particulier pour la coupe et l'APC.

**Branche** La moitié du mors d'une pince, de ciseaux, d'un clamp, d'une pince ou d'une pincette.

**Brûlure sous l'électrode neutre** Brûlure de la peau due à un excès de chaleur causé par une densité de courant excessive sous ou sur l'électrode neutre.

**Carbonisation** Action de brûler un tissu biologique.

**Cautérisation** Procédé de coupe et d'hémostase avec des instruments chauffés. En anglais, Cautery. Parfois employé à tort comme synonyme de chirurgie HF.

**Chirurgie HF** Application sur un tissu biologique de courant électrique à haute fréquence pour obtenir un échauffement et un effet chirurgical. Synonymes : électrochirurgie, diathermie, chirurgie par radiofréquence, en anglais RF Surgery.

**Chirurgie HF bipolaire** Procédé de chirurgie HF où les deux électrodes sont intégrées à un instrument.

**Chirurgie par radiofréquence** Synonyme de chirurgie HF. Abréviations en anglais RF Surgery.

**Coagulation** 1. Dénaturation de protéines. 2. Effet électrochirurgical consistant en une coagulation des protéines et une rétraction du tissu.

**Coagulation par plasma d'argon** Coagulation monopolaire sans contact. Transmission du courant par l'argon conducteur électrique (plasma d'argon) sur le tissu au moyen d'arcs électriques. Abréviations : APC (de l'anglais Argon Plasma Coagulation).

**Coupe** Effet électrochirurgical HF produit par la vaporisation brusque du liquide intracellulaire et l'éclatement des parois des cellules.

**Couplage capacitif** Transmission sans contact de courant alternatif entre deux conducteurs électriques entre lesquels règne une tension alternative.

**Courant** Quantité d'électricité passant en un point déterminé en une seconde. Unité : ampère (A).

**Courant alternatif** Courant changeant régulièrement de direction.

**Densité de courant** Quantité de courant électrique circulant par unité de surface. Plus la densité de courant est grande, plus la chaleur produite est grande.

**Dessiccation** Action de dessécher un tissu biologique.

**Dévitalisation** Destruction d'un tissu biologique malade.

**Diathermie** Synonyme de chirurgie HF.

**Électrochirurgie** Synonyme de chirurgie HF.

**Électrode** Conducteur transmettant ou recevant du courant, p. ex. électrode active, électrode neutre.

**Électrode active** La partie de l'instrument de chirurgie HF qui transporte le courant HF sur le tissu à l'endroit où l'effet souhaité doit être obtenu. Abréviations : EA.

**Électrode neutre** Surface conductrice fixée sur le patient pendant une intervention monopolaire pour le retour du courant HF. Elle ramène le courant à l'appareil de chirurgie HF pour refermer le circuit. Abréviations : EN. Synonyme : électrode dispersive, en anglais Return electrode.

**Électrotomie** Coupe endogène, de l'intérieur, au moyen de la chirurgie HF.

**Endogène** De l'intérieur.

**Énergie** Produit puissance x temps. Il existe différentes formes d'énergie, par exemple, travail électrique, travail mécanique et chaleur. Unité : joule (J).

**Étincelle** Arc électrique de courte durée.

**Exogène** De l'extérieur.

**Facteur de crête** Le rapport entre la valeur de crête et la valeur effective d'une courbe de courant ou de tension, indique le degré de modulation du signal.

**Fréquence** Fréquence des périodes par seconde pendant lesquelles, par exemple, le courant change deux fois de direction. Unité : hertz (Hz). 1 kHz = 1000 Hz.

**Fulguration** Coagulation sans contact avec projection d'étincelles dans l'air.

**Générateur haute fréquence** Appareil ou partie d'un appareil convertissant un courant continu ou un courant alternatif de basse fréquence en courant chirurgical de haute fréquence.

**Haute fréquence** En chirurgie HF (norme CEI 60601-2-2) : Fréquence d'au moins 200 kHz. Abréviations : HF, également appelée en anglais Radiofrequency (RF).

**Hémostase** Arrêt d'un saignement.

**Hyperthermie** Échauffement d'un tissu à une température supérieure à sa température normale.

**Lésion** Dommage, blessure ou perturbation d'une structure anatomique ou d'une fonction physiologique.

**Puissance** Énergie par seconde. La puissance électrique est le produit courant x tension. Unité : watt (W).

**Modulation** Modification dans le temps de la valeur de crête d'un signal variable dans le temps (courant, tension).

**Monopolaire** Chirurgie HF monopolaire : procédé utilisant l'électrode active sur le site chirurgical et au cours duquel le circuit de courant est fermé par une électrode neutre.

**Nécrose** Mort cellulaire pathologique.

**Œdème** Infiltration de liquide dans les tissus.

**Plasma** Gaz conducteur du fait d'une ionisation.

**Qualité de coupe** Caractéristique de la coupe, en particulier étendue de la coagulation sur les bords de la coupe. La qualité de coupe souhaitée dépend de l'application.

**Résistance** La résistance décrit la conductibilité électrique d'un matériau. Plus un matériau est conducteur, plus sa résistance est faible. La résistance d'un conducteur est la résistance spécifique du matériau multipliée par la longueur et divisée par la surface de section. Unité : ohm ( $\Omega$ ).

**Tension** Énergie nécessaire pour la séparation des charges, se rapportant à la quantité de charge. Unité : volt (V).

**Tension alternative** Tension dont la polarité change régulièrement.

**Thermofusion** Soudure de tissu par coagulation.

**Valeur de crête** Valeur maximale d'une grandeur variable dans le temps (courant, tension), dans une direction positive ou négative à partir de zéro (0).

**Valeur effective** Moyenne quadratique (racine carrée de la valeur moyenne des carrés) d'une grandeur variable dans le temps (courant, tension). La valeur effective de la puissance délivrée est la valeur d'un courant continu ou d'une tension continue à action égale.

**Vaporisation** Transformation de tissus en vapeur.



Erbe Medical S.à.r.l.  
Z.A.C. Sans Souci  
470 Allée des Hêtres  
F-69760 Limonest  
Tél 04 78 64 92 55  
Fax 04 78 66 16 43  
erbe@erbe-france.com  
erbe-france.com

Erbe Elektromedizin GmbH  
Waldhoernlestrasse 17  
72072 Tuebingen  
Allemagne  
Tél +49 7071 755-0  
Fax +49 7071 755-179  
info@erbe-med.com  
erbe-med.com