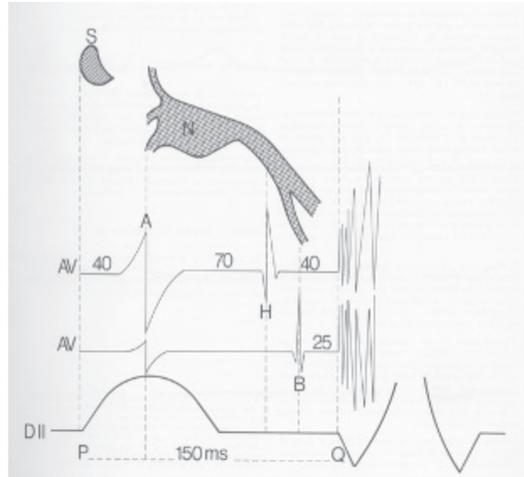
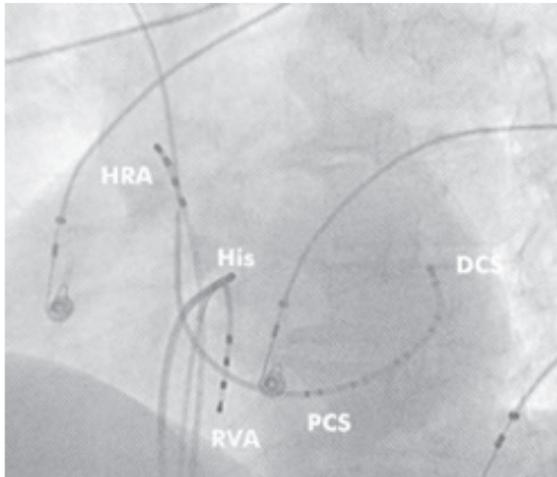


Exploration électrophysiologique



L'exploration électrophysiologique associe le recueil de potentiels spécifiques au contact des différentes structures du cœur : oreillettes, ventricules et voies de conduction au moyen de sondes munies d'électrodes. La stimulation la complète pour déclencher et étudier soit des troubles conductifs soit des tachycardies. Ces dernières sont ensuite arrêtées par stimulation sauf fibrillation. L'exploration électrophysiologique peut porter sur les cavités cardiaques droites - généralement par voie fémorale - et les cavités gauches par voie transseptale où artérielle fémorale. Les enregistrements de potentiels locaux - électrogrammes - unipolaires permettent de voir si l'onde fuit le point d'origine (onde négative), se dirige vers lui (onde positive). Ils sont très voltés et doivent bien respecter les bandes passantes. La déflexion des bipolaires rapprochées est plus utile pour définir le moment d'activation. Les objectifs sont différents selon que l'on explore une défaillance sinusale, un trouble de conduction AV, ou une tachycardie.



À gauche, en OAG, sonde en place dans le sinus coronaire par voie haute, et par voie fémorale, sondes atriale droite haute, hisienne et apex ventriculaire droit. À droite, sonde en position hisienne et valeurs moyennes des intervalles AH et HV.

■ DONNÉES DE BASE

Les tracés sont amplifiés et filtrés pour avoir le meilleur rapport signal/bruit puis enregistrés à grande vitesse (100 mm/s).

- **Intervalle A-A** fréquence cardiaque sinusale
- **Intervalle P-A** entre début de P (ECG de surface) et onde A en position hisienne (25-55 ms). Temps de conduction atriale droite.
- **Intervalle AH** entre onde A en position hisienne et début du potentiel hisien (55-125 ms). Temps de conduction nodale
- **Durée de H** temps de conduction intranodale (< 30 ms)
- **Intervalle H-V** entre His et début de QRS. temps de conduction sous-hisien (35 - 55 ms)



■ SENSIBILISATION

Par l'ajmaline (ou flécaïnide) qui majore un trouble conductif du système His Purkinje (> 75 ms).

Par l'atropine qui améliore la conduction AV nodale malgré une accélération sinusale mais aggrave un bloc sous-nodal.

Par l'isoprotérénol pour déclencher une tachycardie.

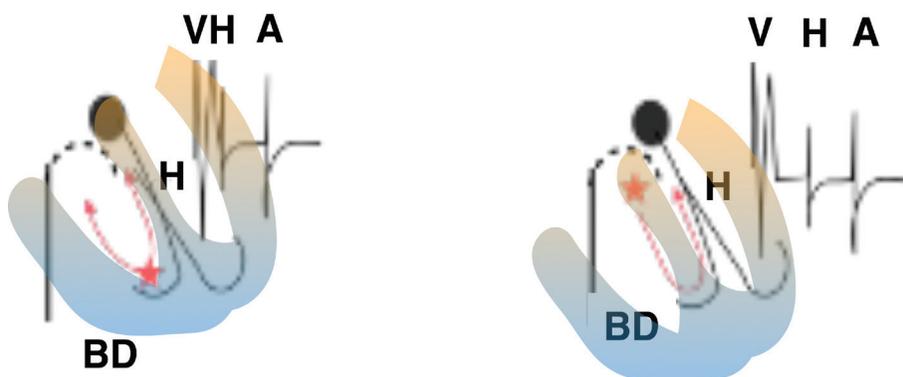
Les objectifs sont différents selon que l'on explore une défaillance sinusale, un trouble de conduction AV, ou une tachycardie (voir Chapitres correspondants).

■ STIMULATION

De l'oreillette droite haute pour étudier la fonction sinusale et la conduction AV. Le sinus coronaire est commode car la sonde qui y est introduite est stable, a des électrodes étagées et permet de stimuler l'oreillette gauche.

La stimulation est soit régulière par incrément soit par ESA de couplage décroissant sur rythme imposé.

Du ventricule également par incrément ou par ESV décroissante sur rythme imposé. Les protocoles pour déclencher des tachycardies ventriculaires vont jusqu'à 3 ESV successives. Plus les protocoles sont agressifs plus ils perdent en spécificité. La stimulation du ventricule droit est par commodité faite à l'apex. La stimulation de la base du VD est préférable si l'on veut dégager le potentiel hisien.



À gauche, stimulation apicale du ventricule droit (étoile rouge). La branche droite est très proche, la remontée se fait vite et le His est mal dégagé du ventriculogramme. **À droite**, stimulation de la base du VD, une partie du ventriculogramme est dépolarisée avant d'atteindre la branche droite et le His est mieux dégagé.

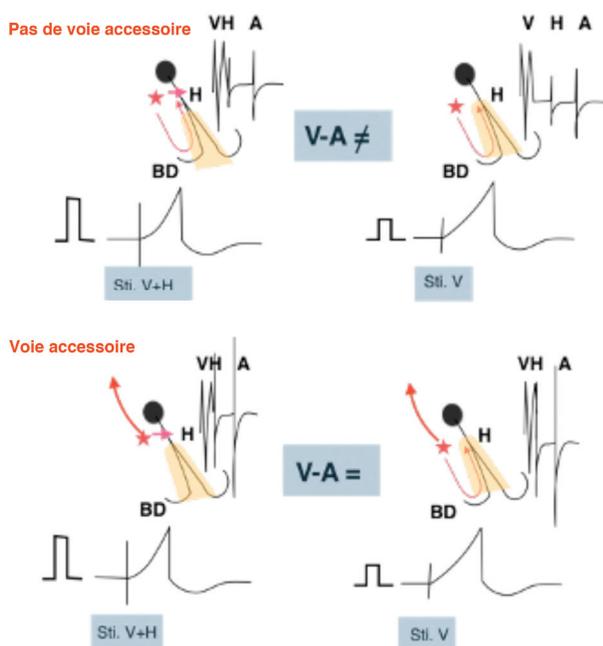
■ MANŒUVRES DANS L'ÉTUDE DES TACHYCARDIES

Tachycardies à QRS fins	Tachycardies à QRS larges
<ul style="list-style-type: none"> • ESV tardive en tachycardie • Stimulation parahisienne • BBD rétrograde • Stimulation ventriculaire à fréquence croissante • Stimulation atriale différentielle en tachycardie • Stimulation atriale différentielle en rythme sinusal • ESA (précoce et tardive pour différencier les TJE, des tachycardies nodales). 	<ul style="list-style-type: none"> • ESA tardive en tachycardie • Stimulation atriale à fréquence croissante • Stimulation atriale différentielle • Stimulation V différentielle en TV

Stimulation différentielle en tachycardie et en rythme sinusal pour étudier les voies de conduction anormales.

Stimulation atriale ou ventriculaire pour entraînement de tachycardie.

Stimulation parahisienne. Le faisceau de His est isolé par une gangue fibreuse dans son trajet entre le nœud AV et le ventricule. Une stimulation ventriculaire de la région parahisienne dans la partie basale du ventricule droit ne peut l'exciter que si le voltage utilisé est important. On peut ainsi par une stimulation d'amplitude différente avoir soit une stimulation pure du ventricule droit, soit une stimulation à la fois du ventricule droit et du faisceau de His. La différence est facilement visible car la stimulation du ventricule et du His donne un ventriculogramme de fusion ventriculaire plus étroit que la stimulation ventriculaire pure. Cette méthode permet de rechercher une voie accessoire septale. En effet, s'il y a une stimulation par une voie accessoire septale, la dépolarisation atriale se fera par cette voie qu'il y ait ou non une stimulation hisienne et l'espace V-A sera identique. S'il n'y a pas de voie accessoire septale, le trajet entre le point de stimulation et la voie nodohisienne est différent. À basse amplitude, le ventricule est seul excité et l'influx doit d'abord gagner la partie distale de la branche droite pour remonter au faisceau de His puis au nœud AV et à l'oreillette. Le transit est long, plus long que si le His est stimulé en même temps que le ventricule. Les temps de conduction VA sont donc différents. Il faut, bien sûr, s'assurer que l'oreillette ne soit pas capturée par une stimulation trop proximale et que la stimulation soit faite à la même fréquence pour que les temps de conduction dans la voie nodohisienne ne varient pas.



En haut, absence de faisceau accessoire. La stimulation ventriculaire pure (à droite) a un VA plus long que la stimulation ventriculaire et hisienne car le chemin du point de stimulation au nœud AV est différent dans les deux cas. **En bas**, en cas de voie accessoire, l'influx issu de la stimulation emprunte la voie accessoire et l'espace VA ne change pas.

La stimulation en tachycardie

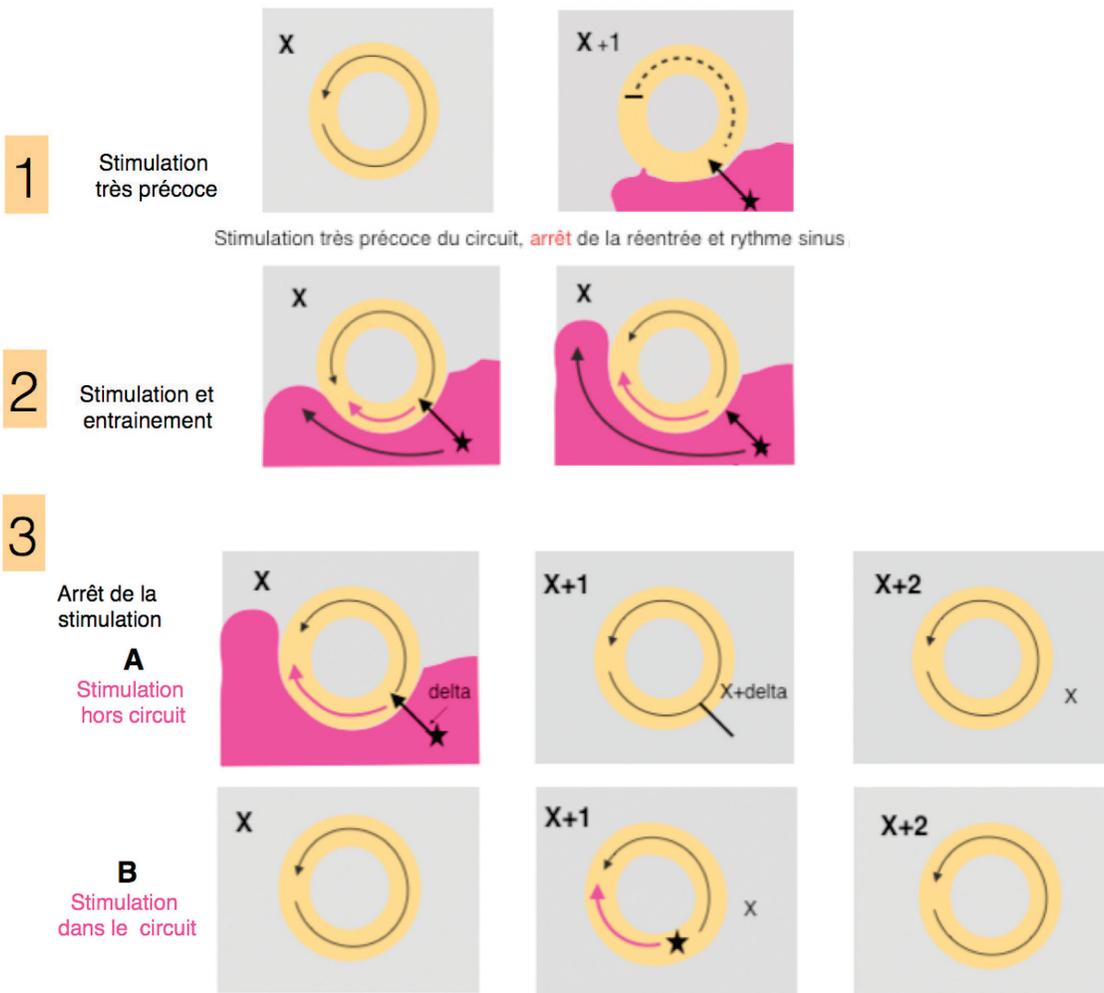
La stimulation ventriculaire est privilégiée pour les tachycardies supraventriculaires et la stimulation atriale pour les tachycardies ventriculaires (*voir* Chapitres tachycardies supraventriculaires et ventriculaires). et pour les tachycardies à QRS fins ou larges. Une ESV tardive en tachycardie qui capture l'oreillette quand le His est dépolarisé en antérograde ne peut passer que par une voie accessoire.

La stimulation atriale, inversement, une ESA tardive peut capturer une tachycardie large quand le His est dépolarisé en rétrograde et prouver une voie accessoire dont la stimulation référentielle.



L'entraînement transitoire d'une tachycardie par réentrée. La notion d'entraînement d'une tachycardie par réentrée a été introduite par Waldo sur des flutters atriaux. La méthode a ensuite été utilisée pour toutes les tachycardies par réentrées ayant un circuit assez large pour que l'on puisse y pénétrer. Elle aide grandement les ablations de tachycardie en précisant la localisation des réentrées et de leurs isthmes.

La figure ci-jointe essaie d'expliquer ce phénomène complexe mais néanmoins facile à appliquer avec la mesure automatique des intervalles des électrogrammes où est faite la stimulation, par les baies d'électrophysiologie. **En 1**, le cycle de la tachycardie est X, le cycle entraîné est X+1. Si la stimulation est précoce la tachycardie s'arrête. **En 2** quand la fréquence augmente et que la tachycardie est entraînée, la part de tissu dépolarisé (en rose) augmente par la stimulation. La fusion est constante pour une même fréquence mais diffère pour des fréquences différentes. **En 3**, à l'arrêt de la stimulation, la tachycardie se poursuit. Le premier cycle (X) est un cycle en tachycardie non pollué par la stimulation directe (hors circuit). Le cycle X+1 est le cycle de la tachycardie entraînée et X+2 le cycle de retour après arrêt de la stimulation. **En A**, la stimulation est faite en dehors du circuit : le cycle X+1 est égal au délai de transmission entre le point de stimulation et le circuit de réentrée (delta ajouté au cycle de la réentrée). **En B**, la stimulation est faite dans le circuit, et X+1 et X+2 sont semblables. Une marge de 30 ms est admise car à fréquence plus rapide (fréquence de stimulation) le temps de conduction dans le circuit peut être un peu plus long. Si l'on regarde la morphologie des QRS, ils sont les mêmes en tachycardie et en entraînement (*pace mapping*).



La zone rose correspond à la zone dépolarisée à partir de la stimulation (hors circuit)
 La zone grise dépend du circuit de réentrée

En haut, stimulation en dehors du circuit, en bas, stimulation dans le circuit. À gauche, cycle de la tachycardie au centre, premier cycle non entraîné (X+1), à droite, second cycle non entraîné (X+2). Les cycles X et X+1 sont égaux (stimulation dans le circuit) en bas et différents, (hors du circuit en bas) en haut.

■ STIMULATION ET ENTRAÎNEMENT (MANŒUVRE DE MORADY) DANS LE DIAGNOSTIC DES TACHYCARDIES

Le premier temps consiste à déclencher la tachycardie.

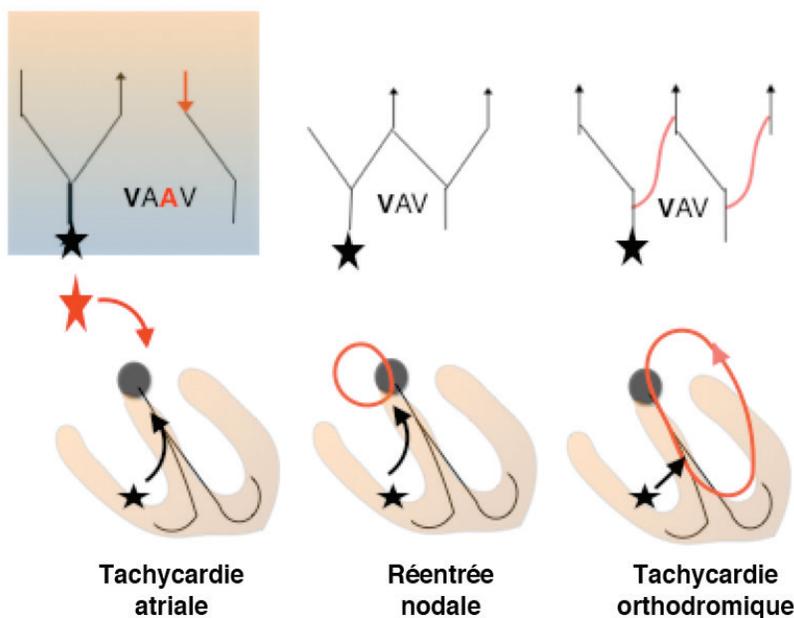
Dans les tachycardies à QRS fins, la stimulation ventriculaire est plus utile au diagnostic que la stimulation atriale.

Dans les tachycardies à QRS larges, la stimulation atriale est plus utile au diagnostic que la stimulation ventriculaire.

Une fois le diagnostic fait, la stimulation de la cavité concernée reprend évidemment ses droits.

Dans les tachycardies à QRS fins. Le diagnostic des tachycardies à QRS fins est relativement simple quand les ondes atriales sont plus nombreuses que les QRS et sont incompatibles avec une dépolarisation atriale rétrograde par la voie nodohisienne ou proche des anneaux par une voie accessoire. Il est moins aisé en cas de réponse 1/1 et primo-activation basse des oreillettes. Il faut alors séparer les tachycardies atriales, les tachycardies orthodromiques et les réentrées nodales. L'étude endocavitaire est alors utile d'autant plus qu'une ablation est souvent souhaitée. La stimulation ventriculaire à une fréquence légèrement supérieure à celle de la tachycardie, peut capturer l'oreillette et entraîner la tachycardie. À l'arrêt de la stimulation, si la tachycardie persiste, il faut regarder le nombre d'ondes P intercalaires dans l'intervalle V-V. S'il n'y a qu'une onde A (VAV), la tachycardie est une réentrée nodale ou une tachycardie orthodromique. S'il y en a deux (VAAV), la première est capturée par la stimulation, mais n'est pas retransmise au ventricule car il ne s'agit ni d'une réentrée nodale ni d'une tachycardie orthodromique. Par contre la tachycardie reprend sur une nouvelle onde P ectopique et il s'agit d'une tachycardie atriale. Des exceptions peuvent survenir si la tachycardie atriale s'arrête et qu'il y a un échappement ou au cours des tachycardies réciproques avec temps de conduction rétrograde très long et qu'il s'agit d'une tachycardie nodale atypique. La mesure du cycle de retour sert aussi à différencier les tachycardies nodales par voie accessoire.

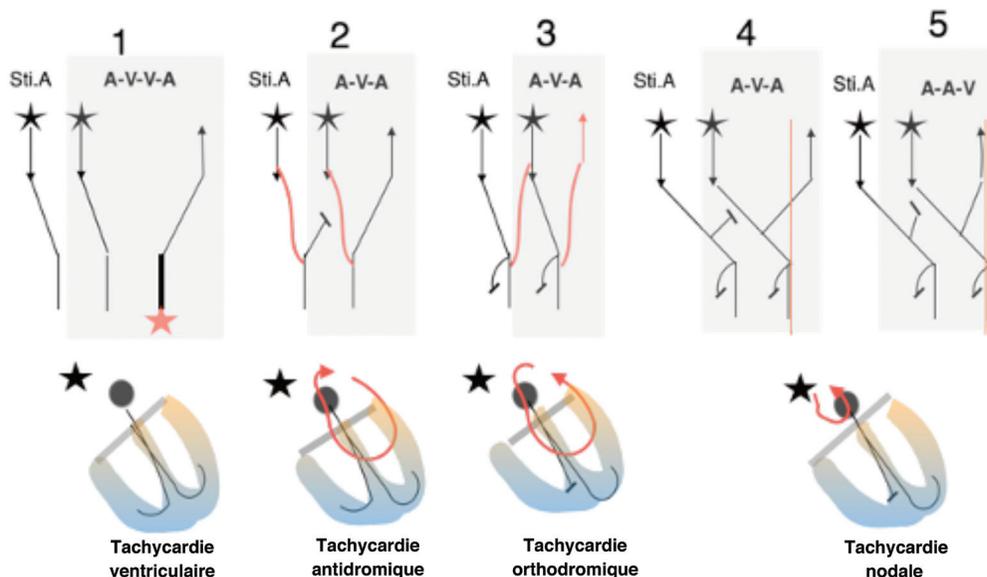
Une capture atriale par stimulation ventriculaire est beaucoup plus rapide en cas de tachycardie orthodromique qu'en cas de tachycardie nodale, car elle se situe dans le circuit et n'a pas à pénétrer le nœud AV.



Stimulation ventriculaire en tachycardie à QRS fins. À l'arrêt de la stimulation et selon le type de tachycardie les réponses sont différentes. **À gauche**, tachycardie atriale réponse V(stimulé) AA V. Au centre, tachycardie nodale réponse VAV. **À droite**, réponse VAV dans une tachycardie orthodromique, la capture est beaucoup plus rapide.



Dans les tachycardies à QRS larges, la stimulation atriale à une fréquence légèrement supérieure à celle de la tachycardie, peut capturer le ventricule. À l'arrêt de la stimulation et si la tachycardie persiste, il faut regarder les séquences qui sont différentes selon le type de tachycardie (tachycardie ventriculaire en 1, tachycardie antidromique en 2, tachycardie orthodromique avec aberration, BB ou deuxième voie antérograde en 3, tachycardie nodale typique avec aberration ou BB en 4 ou atypique avec aberration ou BB en 5.

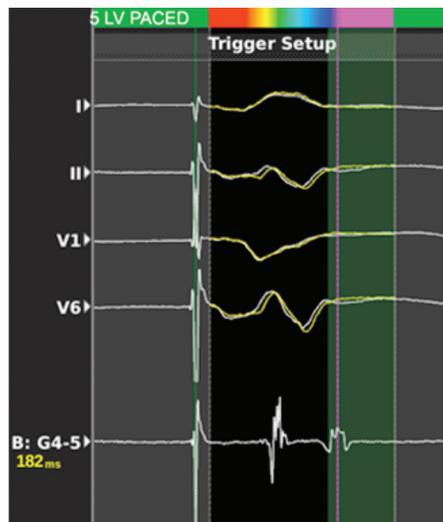


Stimulation atriale en tachycardie à QRS larges. La fréquence est légèrement supérieure à celle de la tachycardie. À l'arrêt de la stimulation et selon le type de tachycardie les réponses sont différentes. En 1, TV : le dernier stimulus entraîne un QRS fin ou avec aberration et la tachycardie reprend sans oreillette intercalée (AVA). En 2, tachycardie antidromique avec ou sans BB : réponse AVA (le BB donne une fréquence différente selon qu'il est ou non dans le circuit). En 3, tachycardie orthodromique avec aberration, BB, ou voies multiples (réponse AVA) En 4 et 5 tachycardie nodale avec aberration ; en 5 la tachycardie est nodale typique (*slow/fast*) et la séquence est A (stimulé) A V. En 4, tachycardie nodale atypique et la voie rétrograde étant aussi une voie lente l'onde A qui en dépend peut survenir après un premier QRS (AVA)

■ LES CARTOGRAPHIES

Le système Rhythmia : cartographie à ultra-haute densité

Il utilise un cathéter Orion comportant 64 électrodes de surface très réduite, portées par 6 baleines qui s'écartent en 6 arcs - sorte de panier avec un diamètre maximal de 22 mm - quand elles sont libérées de leur gaine d'introduction. La pointe du cathéter a un capteur magnétique et chacune des électrodes un capteur d'impédance. Les électrogrammes unipolaires et bipolaires, de très haute résolution permettent des cartographies d'amplitude et d'activation et leur acquisition rapide sur peu de battements anormaux. Ils évitent aussi l'enregistrement parasite de potentiels distants (*farfield*) et permettent d'amplifier les potentiels de certaines





zones critiques à faibles potentiels et de conduction lente.. Comme simultanément est fournie l'anatomie en trois dimensions des cavités explorées, ces points électroanatomiques sont localisés. Les sondes d'ablation peuvent y être dirigées et les zones d'ablation sont enregistrées. D'autres systèmes (Medtronic, Insight) non invasifs permettent des cartographies électro-anatomiques avec des vestes couplées ou non à un scanner.

Bibliographie

[1] Waldo AL. Entrainment and interruption of atrial flutter with atrial pacing: studies in man following open heart surgery. *Circulation* 56: 737,1978.

[2] Asitwatam. Mayo Clinic electrophysiology Manuel. *Mayo Clinic scientific Press Oxford Médecine*.