

# 7. Techniques en rythmologie

La rythmologie est la spécialité de la cardiologie qui étudie les troubles du rythme. Les examens ou techniques permettent le diagnostic de symptômes (syncope, palpitations), la confirmation d'une arythmie (bloc AV, tachycardie pathologique) ou une estimation du pronostic vital (risque de mort subite) ; lors d'une étude électrophysiologique, un traitement curatif (ablation par radiofréquence ou cryoablation) peut être fait lors de la procédure diagnostique.

## 7A. Monitorings ECG ambulatoires

### A. APPAREILS DE MONITORING ECG AMBULATOIRE

L'ECG reste le **gold-standard** pour le diagnostic d'arythmies cardiaques ; mais, il faut pouvoir enregistrer l'arythmie pendant un malaise, une syncope ou des palpitations, ce qui n'est pas toujours possible. Il donc existe une **série d'appareils de monitoring ECG ambulatoire** permettant des enregistrements ECG, de durée variable (24h à des semaines, mois ou années) ; ils sont recommandés pour la détection d'arythmies peu fréquentes, mais cliniquement relevantes. Ces appareils détectent (ou infirment) une arythmie associée à un symptôme (syncope, malaise, palpitations) dans la vie courante ; ils évaluent aussi le pronostic d'une arythmie, le bénéfice d'un traitement ou la présence d'une ischémie silencieuse. Le premier prototype (lourd et porté sur le dos) fut conçu par Norman Jeff Holter dès 1947.

De **quels types d'appareils parlons-nous ?** Tous avec transmissions possible par télémetrie !

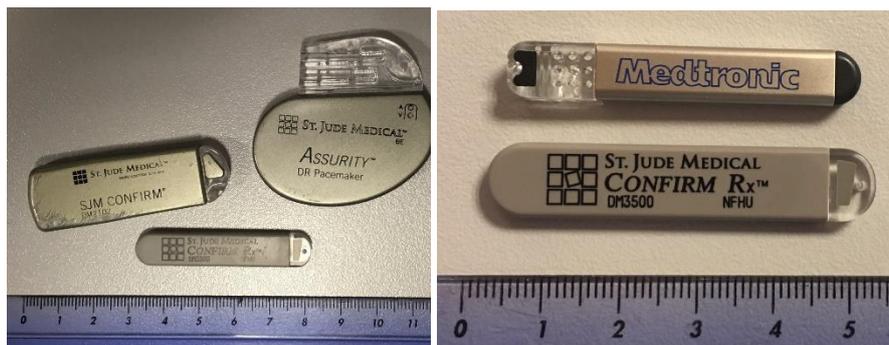
1. Monitoring ECG ambulatoire continu (Holter classique)
2. Wearable adhésive « Patch ECG monitors » : enregistrement continu avec 1-2 électrodes externes et transmission sans fil (wireless) (Zio® XT Patch, SEEQ® MCT)
3. Moniteurs d'évènements (**ELR = external loop recorder**) : enregistrement intermittent externe activé par le patient ou un évènement
4. External event recorders : smartphone-based single lead ECG recording (pex. FibriCheck™ system)
5. Télémetrie cardiaque mobile (**MCT Mobile Cardiac Telemetry**) : système de télémonitoring cardiaque externe en temps-réel (Lifewatch™, Telerhythmics TCAT3)
6. Moniteurs implantables (**ILR = Implantable Loop Recorder**)

Technique	Avantages	Inconvénients
Holter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilité d'utilisation</li> <li>• Monitoring complet avec 3-12 dérivations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artéfacts, détachement d'électrode</li> <li>• Pas d'analyse en temps-réel</li> <li>• Appareil souvent peu toléré</li> </ul>
Patch ECG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement de ≥ 14 jours</li> <li>• Avis favorable du patient</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signaux non parfaits</li> <li>• Localisation difficile de l'arythmie</li> </ul>
ELR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement défini automatiquement ou via le patient</li> <li>• Alarme si detection d'arythmie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement d'une seule dérivation</li> <li>• Pas d'enregistrement continu</li> <li>• Participation active du patient pour le bon fonctionnement du système</li> </ul>
Event recorders	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Event enregistré aisément par le patient (+ diagnostic direct)</li> <li>• Alarme si évènement détecté</li> <li>• Appareil très bien toléré</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement d'une seule dérivation</li> <li>• Pas d'enregistrement continu</li> <li>• Reconnaissance d'un symptôme très dépendant du patient</li> </ul>
MCT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détection d'arythmie optimale : 3 dérivations, meilleure sensibilité de l'appareil</li> <li>• Alarme si évènement détecté</li> <li>• Combine Holter &amp; ELR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participation active « à long-terme » du patient pour le bon fonctionnement du système (changement d'électrode 1x/j)</li> </ul>
ILR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement d'évènements automatique ou via le patient</li> <li>• Durée de vie = 2-3 ans</li> <li>• Self contrôle du patient</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invasif (corps étranger ? risque d'infection ? douleur ?)</li> <li>• Enregistrement d'une seule dérivation</li> </ul>

Tableau : avantages et inconvénients des appareils de monitoring ECG ambulatoire.



Figure 07-01 : appareils de monitoring ECG ambulatoire: Holter classique et autres dispositifs



Figures 07-02 et 07-03 : monitoring ILR de dernière génération (comparaison avec un PM) = Reveal Linq™ (Medtronic) et SJM Confirm™ DM3500 (St Jude Medical - Abbott)

Indications cliniques (diagnostic et stratification du risque):

- **FA asymptomatique non traitée** : plus de risque d'AVC et de décès (9.4% vs 4.2% à un an) que si FA symptomatique ; plus d'AVC (7% vs 2.25%) et de décès (4% vs 1%) que les contrôles sans FA (Freedman. JAMA Cardiol 2016; 1: 366-8 & Boriani Am J Med 2015; 128: 509-18).
- **Syncope d'origine indéterminée** : identification d'arythmies (brady ou tachycardies) ; le choix de l'appareil dépend souvent de la fréquence des symptômes et de son implication (gravité des lésions sur chute). Etablissement également d'une relation entre symptômes et arythmie !
- **Palpitations très symptomatiques** ... souvent de cause bénigne (extrasystoles) ; on peut alors rassurer le patient. Discuter ablation du foyer d'extrasystolie si densité majeure (pex > 20.000 ESV par jours). Exclusion d'arythmies à risque (pex. TVNS si cardiomyopathie hypertrophique).
- **Précordialgies et ischémie coronaire** (athérosclérose classique ou angor spastique de type Prinzmetal) : anomalies du segment ST (amplitude et durée)
- **Tachycardiomyopathie** : évaluer la FC moyenne en FA : discuter ablation du nœud AV et CRT-P si FC réfractaire aux médicaments bloquant le nœud AV (FC > 100 bpm au repos).
- **Détection d'arythmies** post-infarctus du myocarde ou après intervention PCI ou chirurgie cardiaque (CABG vs remplacement/plastie valvulaire) ; le risque de bloc AV post TAVI est également important.
- **Cardiopathies congénitales** : évaluer le risque de mort subite. Enregistrement de longue durée (screening familial ?).
- **Symptômes sérieux (syncope) chez des athlètes** ? ... après bilan cardiaque extensif
- **Bilan d'AVC cryptogénique**. Discussion de mise route d'un traitement anticoagulant AVK vs NOAC selon la fonction rénale. Indication retenue d'anticoagulation si FA prouvée et selon le score de CHADS<sub>2</sub> >1.
- **Safety de médicaments** ? évaluation de l'intervalle QT et des arythmies sous traitement.

Une récente étude montrerait l'intérêt de l'ILR ou ICM (Insertable Cardiac Monitor) dans la discontinuation sécurisée d'une anticoagulation chez des patients avec FA à haut-risque de saignement. Ces patients ont un score de CHADS<sub>2</sub> ≥ 2 et un score de HAS-BLED ≥ 3 ; ils sont en rythme sinusal, sous traitement antiarythmique. Une évaluation de la charge en FA est réalisée régulièrement. (Mascarenhas DAN, et al. Europace 2016; 18: 799-806).

En Belgique, les **indications officielles de remboursement** d'un ILR depuis le 1er mars 2016 sont les suivantes (prix 2.143,00 €, avec garantie de 2 ans) :

- **Syncopes récidivantes** de nature indéterminée malgré un bilan non invasif exhaustif, et s'il existe un risque de récurrence endéans la durée théorique de vie du dispositif.
- **Syncope, même isolée**, et s'il existe des facteurs de gravité potentiels tels que mentionnés dans les recommandations internationales et après bilan non invasif et éventuellement invasif exhaustif.
- **AVC/AIT cryptogénique** pour lequel une démarche diagnostique complète, comprenant au minimum un enregistrement continu de l'activité électrique cardiaque durant une semaine n'a pas pu démontrer la cause de l'AVC/AIT, et pour lequel la mise en évidence d'une FA permettrait anticoagulation orale.



Figure 07-04 : dispositif ILR de haute définition avec dispositif personnel d'enregistrement wireless permettant une transmission rapide des données « alertes ou non » vers un centre de contrôle ; puis au cardiologue traitant. Ce dispositif ressemble au Biomonitor-1 de Biotronik ... actuellement remplacé par le Biomonitor-2 plus petit.

## B. ENREGISTREMENT d'EVENTS VIA LES PM ou ICD

Le contrôle des pacemakers, défibrillateurs ou monitorings implantables permet de bien s'assurer du **fonctionnement correct des appareils** (voltage de batterie, performance des sondes, paramètres), des % de traitement (stimulation, défibrillation), ... mais aussi d'objectiver les différentes arythmies enregistrées, notamment les accès de FA ou de TV. On peut modifier la sensibilité de détection des arythmies (pex. si chocs inappropriés sur FA, oversensing de l'onde T). Cet enregistrement permet de proposer un **traitement optimal** :

- Si FA : anticoagulation, ablation ou déconnexion des veines pulmonaires
- Si TV ou FV : antiarythmique ou ablation des zones cicatricielles
- Si autre tachycardie ... pex. TRNAV : ablation



Figure 07-05 : strip d'un défibrillateur montrant la survenue d'une TV

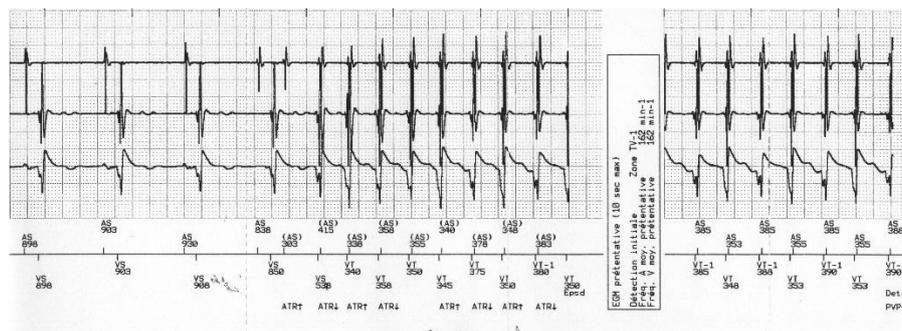


Figure 07-06 : strip d'un défibrillateur (Vitality 2 DR) montrant le début d'une TRNAV avec extrasystole atriale et passage dans la voie lente pour débiter l'arythmie à 162 bpm. L'arythmie fut confirmée lors d'une EEP.

Les firmes des devices ont par ailleurs développé **d'autres caractéristiques** ; des monitorings divers (consommant beaucoup d'énergie de la pile) furent :

- mesure de l'impédance thoracique en continu pour évaluer et prévenir de la possibilité d'un épisode de décompensation cardiaque (pex. OptiVol® ou CoreVue™).
- analyse du segment ST ... sous-décalage du segment ST à tout moment ou en cas d'épisode avec FC rapide.
- monitoring d'apnée du sommeil (courbes et histogrammes).

En recherche ...

- **MultiSENSE** (Multisensor Chronic Evaluation in Ambulatory Heart Failure Patients) study : développement et validation d'un algorithme diagnostique « device-based » pour prédire les événements d'insuffisance cardiaque.
- Le **V-LAP system** (Vectorious Medical Technologies, Tel Aviv, Israel) est une nouvelle génération de monitoring de l'oreillette gauche implantable (hors PM/ICD); le sensor miniature est placé dans l'oreillette gauche via une ponction transseptale et analysé par la suite en wireless.



Figure 07-07 : V-LAP system

### C. TELEMONITORING

En Belgique, plus de 10.000 pacemakers et plus de 2.600 défibrillateurs sont implantés chaque année (données de 2016). Ces appareils doivent être contrôlés régulièrement et systématiquement (2-3x par an) pour leur bon fonctionnement ; on peut évidemment les contrôler plus fréquemment selon les plaintes et les événements. Le contrôle se fait chez le cardiologue, ... mais peut également se faire à distance (= télémonitoring) entre les consultations prévues. De ce cas, certaines alertes d'événements (dysfonctionnement, arythmie grave) sont envoyés en temps-réel au cardiologue via SMS, FAX ou autre courrier électronique).

Plusieurs études ont montré le **bénéfice du télémonitoring**, notamment sur le taux d'hospitalisation, le risque de décompensation cardiaque, le nombre de visites au cardiologue, une meilleure compliance thérapeutique, une meilleure survie des patients, et une réduction des coûts pour la santé publique !

**Trop peu de patients sont suivis en Belgique pour différentes raisons :**

- problèmes logistiques avec nécessité d'engagement de personnel (coût pour l'institution).
- pas de remboursement de ce coût supplémentaire (pas de code).
- craintes pour la sécurisation des données (passage de l'information via firmes ou autres institutions privées).
- implications médico-légales non claires. Que se passe-t-il si l'événement n'est pas lu ou transmis au patient ? délai d'information ? limitation des alertes ? erreur de lecture de l'événement ? quelle est la responsabilité du médecin ?



Figure 07-08 : possibilité de télécardiologie via les devices, le système wireless jusqu'aux consoles des différentes firmes, permettant l'envoi des données via le net jusqu'à un centre de service, et par la suite, jusqu'au médecin.

## 7B. Autres examens noninvasifs

L'**électrocardiogramme** (ECG) et le monitoring **Holter** sont les tests de base en cardiologie pour la détection d'arythmies cardiaques. Certains Holters combinent d'autres paramètres, dont ceux du système nerveux autonome (variabilité du rythme sinusal et de l'intervalle QT, durée du QRS filtré, alternance de l'onde T, turbulence de la fréquence cardiaque). Nous discutons dans ce paragraphe d'autres techniques importantes noninvasives pour le diagnostic et la stratification du risque des arythmies, et leurs symptômes.

### A. LE TEST D'INCLINAISON (HEAD-UP TILT-TEST)

Le test permet le diagnostic de **syncope vasovagale**. Il réalise une épreuve d'orthostatisme passif et permet de reproduire les prodromes (palpitations, sudations, vision trouble, ...), la chute de TA et la bradycardie (rythme jonctionnel ou asystolie) à l'origine de la syncope ; le test est alors positif. Le pronostic est favorable, excepté si les chutes sont fréquentes (fractures, incapacité de travail). Le test a des limitations de reproductibilité et de faible spécificité ; le diagnostic repose le plus souvent sur l'historique de la syncope et des prodromes (que sur le test). La présence d'un témoin peut aider au diagnostic.

- **Avant le test** : éviter hypotenseurs et états instables (déshydratation, hémorragie, hypotension artérielle, ...)
- **Précautions** : médecin sur place durant tout le test
- **Test** : le patient est couché sur la table avec un support pour les pieds, capable de s'incliner jusqu'à 60-80°. Perfusion d'entretien non nécessaire (sauf si perfusion d'isoprotérenol prévue). Durant le test, un monitoring continu de la FC et de la TA est nécessaire, sous surveillance. Durée du test de 40-60 minutes ; 20 min à l'état basal et 20 min (drug challenge phase) sous d'infusion d'isoprotérenol (1 à 3 µg/min pour majorer la FC de 20-25%) ou administration de dérivés nitrés en spray (300-400 µg)
- **Endpoint** = provocation de la syncope (test+) ou test normal achevé avec test médicamenteux (test-)

**Nous recommandons le test uniquement** si le patient a présenté une syncope vraie (pas de malaises ou symptômes peu clairs), suggestive d'être d'origine neurocardiogénique !

- Syncopes répétées d'origine indéterminée, en l'absence de cardiopathie
- Syncope (1x) dans des situations à haut-risque (aviation, chauffeur de bus, ...)
- Nécessité de prouver l'origine neurocardiogénique de la syncope chez un patient
- Syncope convulsive ou crise épileptiforme atypique sous anti-épileptiques

Les **guidelines 2017 aux USA** recommandent l'utilisation du Test : (R=randomized, NR=not randomized).

- Si diagnostic incertain après une évaluation initiale, le test utile si suspicion de syncope vasovagale (IIa-B)
- Après évaluation initiale, si syncope et hypotension orthostatique suspecte différée > 3 minutes (IIa-B) Distinction nécessaire entre syncope convulsive d'une vraie crise d'épilepsie chez certains patients sélectionnés (IIa- B (NR).
- Nécessité d'établir un diagnostic de pseudosyncope (psychotic syncope vs true syncope) (IIa-B (NR).
- Pas d'indication pour évaluer la réponse à un traitement médical pour syncope vasovagale (III-B (R).

**Les types de réponses au test sont les suivantes :**

- **Type 1 : syncope mixed**
  - FC chute lors de la syncope, mais < 40 bpm, ou chute < 40 bpm pendant < 10 secondes avec /sans asystolie de < 3 secondes
  - TA chute avant que la FC ne diminue
- **Type 2A : syncope cardio-inhibitrice sans asystolie**
  - FC chute à < 40 bpm pour plus de 10 secondes, mais sans asystolie > 3 secondes
  - TA chute avant que la FC ne diminue
- **Type 2B : syncope cardio-inhibitrice avec asystolie**
  - Asystolie > 3 secondes
  - Chute de TA coïncide avec/pendant la chute de FC
- **Type 3 : syncope vasodepressive**
  - La FC ne diminue pas de 10% du pic de FC lors de la syncope
  - Exception1 : insuffisance chronotrope (pas d'augmentation de FC lors du test)
  - Exception2 : FC inappropriée = POTS (syndrome de tachycardie posturale orthostatique) : FC excessive (> 130 bpm) lors de la position inclinée et pendant le test avant la syncope.

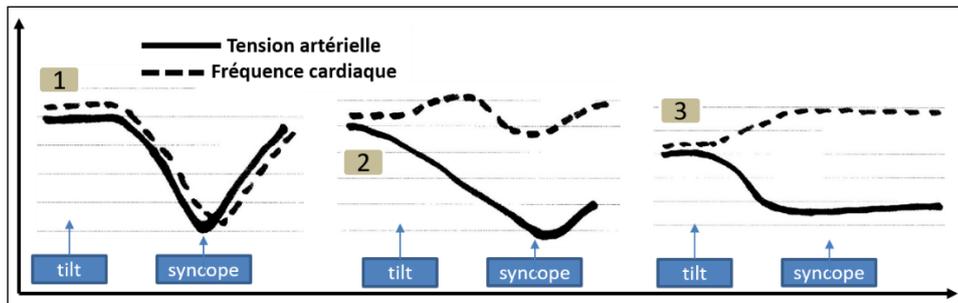


Figure 07-09 : différentes réponses de la tension artérielle et de la fréquence cardiaque lors d'un tilt-test : 1 = réponse neurocardiogénique classique ; 2 = réponse dysautonomique ; 3 = réponse de type POTS

Le **diagnostic différentiel** de la syncope vasovagale peut se faire avec une hypotension orthostatique ou un POTS

- **Hypotension orthostatique**

- Initiale : si chute de TAs > 40 mmHg en position debout, avec une normalisation rapide et spontanée de la TA, donc hypotension artérielle et symptômes < 30 secondes
- Classique : chute de TAs  $\geq$  20 mmHg et TAd  $\geq$  10 mmHg endéans les 3 minutes de la position debout
- Différée (progressive) : si chute de TA après minimum 3 minutes de position debout

- **POTS (syndrome de tachycardie posturale orthostatique)** : augmentation de la FC > 30 bpm ou FC > 120 bpm en position debout, accompagné de symptômes et de variabilité de la TA.

**Le traitement** comprend :

- mesures hygiéno-diététiques : bien s'alimenter et s'hydrater le matin avant le travail, hydratation maximale pendant la journée, éviter le soleil, s'allonger si prodromes, éviter les situations typiques (position debout prolongée), bas à varices (peu efficace).
- tilt training (orthostatisme répété afin de réaliser une « désensibilisation » de l'affection) est conseillé.
- Médications peu efficaces ; essai de bêtabloquants (INDERAL @ 80-160mg/j) ou de 5 $\alpha$  fludrocortisone ?
- éviter les triggers : alcool, fatigue, position debout prolongée ... surtout si fortes chaleurs
- rassurer le patient ... la syncope est bénigne, pas de PM nécessaire (sauf rares exceptions)



Figure 07-10 : test d'inclinaison (Couverchel™, FGCK Inc.) avec monitoring et surveillance pendant le test

## B. LE MASSAGE SINOCAROTIDIEN

Le **massage sinocarotidien (MSC)** est une manœuvre vagale, comme la manœuvre de Valsalva ... avec expiration forcée, la bouche fermée, entraînant une majoration de pression dans le thorax et une sollicitation du nerf vague. La compression des globes oculaires est strictement défendue = erreur médicale gravissime, car risque de décollement de rétine. Le MSC vise à bloquer ou ralentir la conduction AV ; elle peut soit arrêter une tachycardie supraventriculaire de type réentrée, ou freiner cette conduction AV et démasquer les ondes P-F afin de mieux confirmer un diagnostic de tachycardie sinusale ou de flutter auriculaire.

**L'abord du massage sinocarotidien nécessite les précautions suivantes**, outre l'ECG continu pendant le massage, à savoir exclure des sténoses carotidiennes à la palpation et à l'auscultation, et éviter chez les patients âgés ou sous digitale (risque d'asystolie prolongée). La position optimale du patient est en décubitus dorsal et tête fléchie en avant et côté inverse de la stimulation. Le massage se fait avec deux doigts ... un côté à la fois, avec une pression plutôt qu'un massage vigoureux, d'une durée de maximum 5 secondes.



Figure 07-11 : exemple de massage sinocarotidien classique

**Les résultats sont souvent attendus en fonction de l'arythmie sous-jacente:**

- **tachycardie sinusale** : ralentissement lent et temporaire du rythme cardiaque
- **flutter auriculaire** : ralentissement de la FC, passage en FA ou absence d'effet
- **tachycardie atriale ou FA** : ralentissement du rythme cardiaque ou absence d'effet
- **TRNAV ou TRAV** (faisceau accessoire): arrêt de la tachycardie ou absence d'effet
- **tachycardie ventriculaire (TV)** : absence d'effet ou (très rare) arrêt de la tachycardie



Figure 07-12 : strip ECG objectivant une tachycardie à 155 bpm ; le MSC bloque la conduction AV et fait apparaître les ondes F du flutter auriculaire.



Figure 07-13 : MSC d'une tachycardie supraventriculaire montrant l'arrêt de la tachycardie (TRNAV), via des ESV, pauses, bloc AV puis rythme sinusal avec bloc AV du premier degré.

**En cas d'échec (ou de contre-indication) du MSC**, il existe d'autres techniques de type Valsalva :

- Injection d'**Adénosine** (ADENOCOR®) : 6 mg IV bolus rapide ; si pas d'effets : essai 12 mg IV bolus
  - o Contre-indications : asthme, sténose d'une artère carotide, FA et WPW
  - o Effets secondaires : flushing, précordialgies, dyspnée pendant quelques secondes !
  - o Effets néfastes : asystolie prolongée (doses 50% si sous dipyridamole), asystolie évoluant en FV, TdP si QT long préexistant, induction de FA (et FV si WPW)
  - o Précautions = monitoring ECG, appareil de réanimation prêt (asystolie / FV)
- **IV Vérapamil** (ISOPTINE®) : 5 mg IV lente (2.5 mg si sous bêtabloquant), à répéter 1x après 30 minutes
  - o Contre-indications : FA et WPW (passage en FV), FEVG basse (car inotrope négatif), FC < 60 bpm
  - o Eviter d'office si tachycardie à QRS larges (doute si TV) car risque majeur de choc cardiogénique
- **CEE (50 J) après sédation**, si instable (choc, hypotension artérielle, OAP) ou échec des médicaments

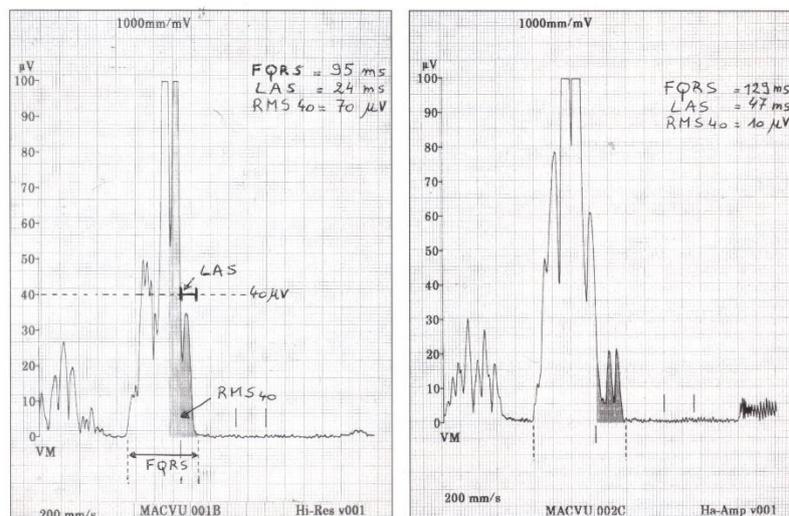
## C. LA RECHERCHE DE POTENTIELS TARDIFS

L'ECG Haute Amplification (**SAECG : Signal Averaged ECG**) recherche la présence de potentiels tardifs ventriculaires, c'est-à-dire un des marqueurs rythmiques du risque de mort subite cardiaque. Les **potentiels tardifs** sont la traduction électrique de la présence d'une zone de conduction lente (zone péri-infarctus ou zone fibreuse de cardiomyopathie), différente du tissu sain, qui constitue le **substrat arythmogène** indispensable au développement d'une TV monomorphe soutenue réentrante. Les potentiels tardifs sont des signaux électriques de faible amplitude (de l'ordre du microvolt), non visibles sur un ECG classique et enregistrés, comme leur nom l'indique, à la partie terminale du QRS. Un ECG de haute résolution (avec filtre, amplification, conversion) peut enregistrer ce signal perdu parmi les signaux parasites (muscle), éliminer les composantes de basses et hautes fréquences (<25-40 Hz et >250 Hz) et réaliser une étude quantitative vectorielle pour obtenir différents paramètres.

Ce sont le **QRS filtré** (FQRS : filtered QRS duration), le **RMS 40** (Root Mean Square), la racine carrée du voltage moyen des 40 dernières millisecondes, et le **LAS** (Low Amplitude Signal) qui est la durée de la partie terminale du QRS dont l'amplitude est < 40  $\mu$ V.

**Le test** (comme un ECG) nécessite l'enregistrement de 200 cycles cardiaques sans extrasystoles (durée de 10-15 minutes). A réaliser classiquement entre le 6<sup>ème</sup> et 30<sup>ème</sup> jour après infarctus du myocarde. Les critères de positivité, en l'absence de bloc de branche sont : **FQRS** > 114 msec, **RMS 40** < 20  $\mu$ V, **LAS** > 38 msec.

**Les bonnes indications** sont l'infarctus du myocarde > 30 jours, surtout si FEVG base (absence de potentiels tardifs = bon pronostic), la cardiomyopathie, ou l'examen effectué dans le bilan de syncope (sélection de bilan invasif) ?



Les **Guidelines 2015 ESC** sur les arythmies ventriculaires et la prévention de mort subite recommandent le test pour améliorer le diagnostic de dysplasie arythmogène du VD et d'autres pathologies à risque de développer des arythmies mortelles (Recommandations IB).

La **Prévalence des potentiels tardifs** dépend des cas : chez les sujets normaux 0-2%, en post-infarctus 30%, après infarctus et TV spontanées 80%, si cardiomyopathies 15%, et si cardiomyopathies et TV spontanées 80%, dans les cas de dysplasie arythmogène du ventricule droit (DAVD) 100%. La **valeur prédictive d'un risque de TV monomorphe soutenu** est importante ; elle est de 20-25% si potentiels tardifs présents et de 0-5% en son absence (très bonne valeur prédictive négative). Si le test est négatif, on peut rassurer le patient.

## D. LA RECHERCHE D'ALTERNANCE DE L'ONDE T (T-WAVE ALTERNANCE)

Le **test de recherche d'alternance de l'onde T** (TWA : T-wave Alternans) est un examen noninvasif, aisé et reproductible, permettant d'identifier les patients à risque de mort subite. Le test TWA semble meilleur que l'EEP dans la stratification du risque de mort subite (valeur prédictive négative  $\pm$  90-100%) ; il est complémentaire de l'échographie cardiaque (FEVG < 40%). Actuellement, le test n'est pas recommandé en routine clinique.

L'alternance de l'onde T est un **pattern électrocardiographique**, non visible sur l'ECG de surface, qui est due à une variation de durée de potentiels d'action, une alternance de repolarisation, une dispersion de période réfractaire tissulaire, témoin de microzones de réentrée, propices au développement de TV. L'alternance macroscopique est rare, mais peut se voir dans des cas d'ischémie aiguë, de Prinzmetal, d'hypokaliémie ou syndrome du QT long.

Les **indications du test** : patients à risque de mort subite (prévention primaire) : MADIT-2, SCD-HEFT ; les limitations du test sont une FC non atteinte (sous bêtabloquants ou amiodarone) en FA ou avec des ESV fréquentes.

Le **déroulement de l'examen** qui dure 20-30 minutes au total ...

- arrêt des bêtabloquants au moins 24h avant examen
- préparation cutanée attentive, avec abrasion locale et mise en place d'électrodes spéciales de haute résolution (analyse du signal en microvolts)
- réalisation d'une épreuve d'effort sur cyclo-ergomètre pour atteindre une FC 100-110 bpm durant 2.5 minutes et de 110-120 bpm durant 1.5 minute.
- enregistrement du signal, filtration du bruit de fond et analyse spectrale directe du résultat par la console (HearTwave® II, Cambridge Heart, Inc., MA)

**Résultats et intérêt** : valeur prédictive négative très importante ( $\pm 95\%$ ) : d'où possibilité de sélection d'un groupe à faible risque de mort subite (% d'événements annuels (positifs vs négatifs) 0-2% vs 5-10%).



Figure 07-15 : exemple d'un test de recherche de TWA ; effort sur cyclo-ergomètre pendant 4-5min avec électrodes spéciales

## 7C. Examen électrophysiologique et ablation

Le **bilan d'arythmies complexes** passe souvent par l'examen électrophysiologique ; depuis 30 ans, les mécanismes physiopathologiques des arythmies sont mieux connus. La démarche diagnostique est le plus souvent suivie d'une possibilité thérapeutique, grâce aux techniques ablatives ou à l'implantation de stimulateur cardiaque ou de défibrillateur. Le traitement antiarythmique reste cependant bien utile !



Figure 07-16 : examen électrophysiologique avec le système de navigation Carto™ (ablation de TV), et autre matériel indispensable au succès de la procédure.

La réalisation d'un **examen électrophysiologique (EEP)** et d'une **ablation thérapeutique** nécessite un environnement optimal : salle de fluoroscopie avec scopie de type « flat panel », baie d'enregistrement des signaux et système de cartographie (Carto™, EnSite™ ou Rhythmia™), stimulateur, générateur d'ablation et pompe d'irrigation, multiples sondes diagnostiques et d'ablation irriguées (ou non), personnel médical (deux électrophysiologistes minimum) et paramédical (infirmières, techniciens) avec formation suivie, et enfin un recyclage et mise à jour fréquent de ces composantes du laboratoire. L'usage d'une échographie transthoracique et transœsophagienne, et/ou d'une échographie intracardiaque (ICE) sera rapidement possible.

**Attention ... examen à risque.** Un défibrillateur externe, et du matériel de réanimation (pex. péricardiocentèse) sera à portée de main, ainsi qu'une procédure pour appeler le team de réanimation. Les techniques d'ablation de TV ou les extractions de sondes à haut-risque de complication grave chez des patients instables nécessitent des possibilités chirurgicales avec circulation extracorporelle. Du matériel d'anesthésie (idem salle d'opération) doit faire partie de la salle d'électrophysiologie. Un protocole de complications possibles (tamponnage, saignements, perte de matériel) est nécessaire, avec dosages de médicaments.

## A. EXPLORATION ELECTROPHYSIOLOGIQUE DIAGNOSTIQUE

L'**étude électrophysiologique (EEP)** permet un diagnostic des arythmies, une meilleure compréhension de leur genèse, une localisation précise du site de son origine, et une estimation du pronostic vital. Elle est peu invasive (ponction veineuse, rarement artérielle, au niveau fémoral sous anesthésie locale), mais nécessite une courte hospitalisation d'au moins 24h. La mise en place de 3-5 sondes (oreillette droite, HIS, ventricule droit et sinus coronaire +/- la sonde d'ablation), sous contrôle fluoroscopique, permet le recueil de l'activité électrique des différentes structures (oreillette droite, nœud AV, faisceau de HIS, sinus coronaire, ...) ou une stimulation afin de déclencher l'arythmie clinique et de localiser le circuit ou le foyer arythmogène.

Elle est indiquée dans le bilan de syncope, de mort subite ou d'arythmies (tachycardie supraventriculaire ou ventriculaire) ... afin de permettre un traitement rapide et approprié !

### - Indications diagnostiques

- syncope avec cardiopathie sous-jacente : exclure une origine de TV
- syncope suspecte d'être due à une maladie de l'oreillette (voir SNRT)
- syncope avec bloc bifasciculaire à l'ECG avec bilan noninvasif normal (bloc infrahisien ?)
- syncope précédée de palpitations rapides (TRNAV ?)
- syncope chez des patients avec métiers à risque (pilotes d'avion, chauffeurs de bus ou train, ...)
- syncope inexplicée (+ traumatique) après bilan extensif (et avant ILR)
- mort subite récupérée sans cause déterminée (exclure infarctus, dyskaliémie, TdP)
- tachycardie à QRS larges à haut risque de décès (TV ?)
- bloc AV : déterminer le site du bloc et le risque de bloc AV complet

### - Indication de stratification du risque

- prévention primaire de mort subite : si cardiopathie ischémique séquellaire et TVNS ; l'induction de TV monomorphe soutenue est une indication de ICD
- bloc AV : site du bloc ; si bloc infrahisien (ou infranodal) ... discuter pacemaker
- WPW asymptomatique chez des jeunes patients de 8-21 ans (sans perte de préexcitation à l'effort) : voir le risque de mort subite si passage en FA
- syndrome de Brugada (BrS): rôle de l'EEP controversée. Discuter si pattern 1 à l'ECG et syncope
- sarcoïdose et FEVG altérée (sous traitement optimal et immunosuppression)

- **Indications thérapeutiques** : examen précis avant ablation : localisation du circuit ou du foyer arythmogène, risque de complication (pex. proximité du HIS).

Quels sont les **contre-indications de l'examen** ?

- Angor instable ou infarctus du myocarde < 3 jours
- Bactériémie ou septicémie active
- Insuffisance cardiaque sévère décompensée non due à l'arythmie
- Risque hémorragique majeur (éviter sous anticoagulants ; sauf si ablation de FA)
- Thrombose veineuse fémorale si l'accès est souhaité (idem accès artériel occlus)
- Exclusion de certains « mauvaises indications » : syndrome du QT long, TVPC, ...

### Préparation à l'examen :

- ✓ Patient à jeun, sauf pour les médicaments acceptés (éviter les bêtabloquants)
- ✓ Monitoring ECG et de la tension artérielle (éviter le monitoring invasif) (Finapres®)
- ✓ Possibilité d'oxygène et monitoring (oxymétrie)
- ✓ Défibrillateur en marche +/- patches en place (si induction de TV possible)
- ✓ voie intraveineuse : injection de sédatifs, antidouleurs ou autres médicaments de réanimation
- ✓ Accès téléphonique pour appeler le team de réanimation

### Et pour l'examen : **exploration endocavitaire ?**

1. Placement des différentes sondes sous fluoroscopie (attention à la radioprotection) après anesthésie locale et mise en place d'introducteurs flexibles (sheaths)

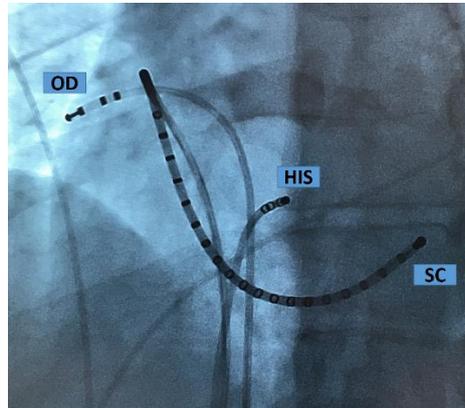


Figure 07-17: sondes placées dans l'oreillette droite (OD), au niveau du HIS, et dans le sinus coronaire (SC)

### 2. Enregistrement endocavitaire et analyses de base

- Etude de la conduction AV
    - Mesure des intervalles AH et HV à l'état basal ;
      - AH (55-125 msec) ; si > 125 msec, penser : bloc suprahisien dus à des médicaments (bêtabloquants, ...), un tonus vagal majoré ou à une affection intrinsèque du nœud AV
      - HV (35-55 msec), **si > 70 msec : pathologique** (bloc infrahisien) ; si HV > 100 msec, risque de bloc AV complet dans 25% des cas
    - Stimulation auriculaire à fréquence croissante : recherche du point de Wenckebach ou bloc 2:1 (N > 140 bpm ; **Wenckebach pathologique si < 130 bpm et bloc infrahisien**)
  - Etude de la fonction sinusale : 3 tests
    - Temps de récupération sinusale (SNRT : sinus node recovery time) ou corrigé selon la FC (SNRT-RR = CSNRT) : stimulation à 600 msec-500 msec et 450 msec pendant 1 minute ; pathologique si SNRT > 1500 msec ou CSNRT > 550 msec
    - Temps de conduction sino-auriculaire (SACT : Sinoatrial Conduction Time) : stimulation atriale pendant 7-8 cycles, puis arrêt de stimulation et calcul du délai stimulus-EGM auriculaire (N < 50-115 msec)
    - **Test à l'adénosine** : injection d'ADENOCOR® 6-18 mg en IV bolus ; pathologique si pause > 6 secondes ou bloc AV > 10 secondes
  - Stimulation auriculaire programmée (avec / sans ISUPREL®)
    - **Stimulation rapide** (180-200 msec) : induction de flutter auriculaire possible ou induction de FA dans le WPW (recherche de l'intervalle RR le plus court)
    - **Extrastimuli auriculaires** : recherche d'un ressaut (dualité nodale si ressaut > 40 msec/ StimA < 10 msec) ou induction d'arythmies (tachycardie supraventriculaire réentrante) à l'état basal ou sous isoprénaline (IV 1-4 mcg/min) ou atropine (IV 0.5-1 mg)
  - Stimulation ventriculaire programmée (max 3 extrastimuli, 3 cycles de base (600, 500 et 450 msec) et 2 localisation de stimulation (apex et chambre de chasse du VD)
    - **Induction de TV soutenue monomorphe** (mécanisme de « réentrée »)
    - Induction de TV polymorphe ou FV : signification pathologique ?
  - Autres tests : test à l'ajmaline (Brugada) ou massage sinocarotidien
3. Discussion des tracés et proposition d'un traitement ... ablation directe ad hoc ?
  4. Mesure des risques et bénéfices de l'ablation : information et consentement du patient au préalable ?

**Complications possibles du test EEP ?** Rares (2%), principalement des soucis au niveau du point de ponction (atteinte vasculaire, hématome, ...), ou alors une atteinte de la valve tricuspide, une embolie pulmonaire, une effusion ou tamponade, un sepsis, une mobilisation d'une sonde définitive d'un PM/ICD, ... enfin rarissime infarctus du myocarde, AVC ou décès (< 0.1%).



Figure 07-18: examen électrophysiologique pour tachycardie supraventriculaire paroxystique (QRS fins) ; mise en évidence d'une voie lente (ressaut ou brusque ralentissement de la conduction dans l'oreillette après stimulation et extrastimulus auriculaire) et de l'induction de tachycardie par réentrée intranodale typique à 140 bpm (duodécapolaire dans le sinus coronaire ; duo 7,8 au niveau du nœud AV).

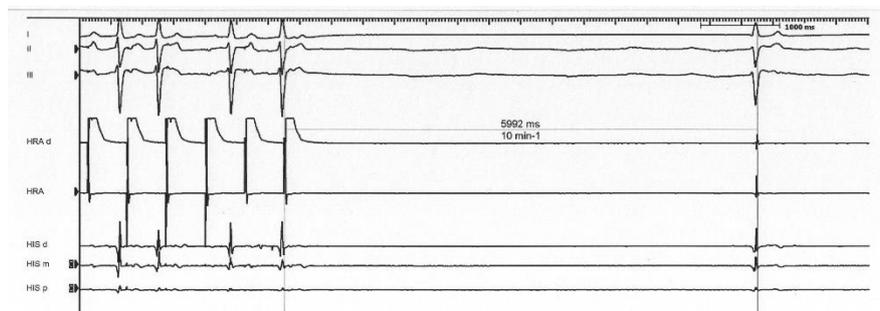


Figure 07-19 : SNRT très pathologique (5592 msec) lors du test chez un patient avec dysfonction sinusale et syncopes répétées ... indication de pacemaker

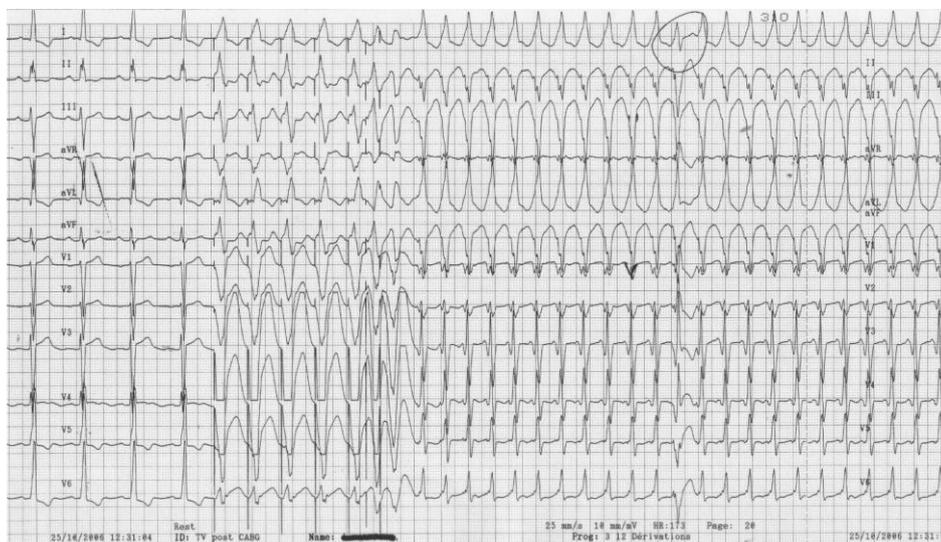


Figure 07-20 : exploration électrophysiologique : induction de TV monomorphe soutenue avec 2 extrastimuli, dans un bilan de mort subite ; noter un complexe de fusion (cercle)

## B. ELECTROPHYSIOLOGIE INTERVENTIONNELLE (ABLATION)

La rythmologie interventionnelle permet la localisation exacte d'un circuit ou d'un foyer arythmogène et sa destruction lors de l'application de tirs de radiofréquence ou de cryoablation. C'est un traitement curatif « définitif » et efficace (80-95% de succès). Les techniques sont très sophistiquées actuellement et nécessitent un matériel up-to-date (cartographie, mapping dynamique du substrat arythmogène, importation et conversion d'images au format DICOM à partir de tout scanner ou IRM, ...).

L'énergie délivrée pour l'ablation (cautérisation) d'une zone arythmogène est de deux types.

1. L'**ablation par radiofréquence** est l'énergie la plus fréquemment utilisée (> 90%), avec faible voltage et haute fréquence (30 KHz à 1.5 MHz) responsable de lésions de type brûlure ; elle est délivrée de la pointe du cathéter sur la surface endocardique ou épicaudique. La radiofréquence a de nombreux avantages par rapport à une ablation par courant direct (fulguration) : moins de douleur (et donc ne nécessite pas d'office une anesthésie), pas de stimulation musculaire, lésions très petites sans barotraumatisme, peu de complications à l'arrêt des tirs de radiofréquence.

La taille de la lésion est directement proportionnelle à la puissance (watts), la température de l'électrode, et la durée de l'application de l'énergie ; elle est aussi liée à la force de contact, à la possibilité d'utilisation d'un cathéter irrigué (plus de puissance et lésion plus profonde) et la taille de l'électrode.

2. La **cryoablation** (freezing effect) est un autre moyen de créer une lésion du tissu cardiaque. Les avantages de cette technique sont : réversibilité possible à la température de < - 40°C (destruction tissulaire à - 80°C), adhésion au tissu cardiaque (cathéter stable), lésions créées plus homogènes (moins de risque de proarythmies), moins de risque de formation de thrombus/embolie ou de perforation, plus confortable pour le patient, et moins de nécessité de sédation. Le taux de récurrence d'arythmies est un peu plus important avec cette technique.

- **Indications principales de l'ablation par radiofréquence (liste non limitative) :**

- le circuit de flutter auriculaire classique (dépendant de l'isthme cavotricuspidé)
- la voie lente du nœud AV pour les TRNAV (tachycardie de Bouveret)
- le faisceau accessoire (WPW), si PRE antérograde très court : risque majoré de mort subite
- le foyer arythmogène de TV idiopathique ou le circuit de TV ischémique ou fibrotique
- les foyers d'extrasystoles auriculaires de FA: déconnexion des veines pulmonaires
- le nœud AV ou HIS pour les FA permanentes réfractaires aux médicaments (rares cas)



Figure 07-22 : ablation d'un faisceau accessoire latéral gauche (fusion VA au niveau du sinus coronaire en antérolatéral gauche – Sc1-2) ; succès d'ablation après 1.15 seconde et disparition du faisceau aberrant.

Les **complications sont rares** et cependant à redouter ; il faut évidemment informer le patient du risque/bénéfice de l'examen et du traitement par ablation. Le risque comprend ceux décrits pour l'EEP diagnostique. De plus, il faut noter des risques supplémentaires de complications (3%) ; ils sont directement proportionnels à l'expérience du cardiologue et du centre qui réalise un volume important de procédures, et aussi du type de procédure d'ablation (0.8% pour les TSV, 3.4% pour les TV idiopathiques, 5.2% pour les FA, 6% pour les TV structurelles). Le **risque** semble indépendant de l'âge.

On note cependant :

- décès : 0.1-0.3%
- bloc AV nécessitant un pacemaker : 1-2%, risque ↓ si utilisation de cryoablation (TRNAV)
- phénomènes thromboemboliques, y compris les AVC et l'embolie pulmonaire : < 1%
- complications de l'accès vasculaire (hématome, lésion, infection) : 2-4%
- trauma cardiaque dont infarctus, effusion ou tamponade péricardique, ... 1-2%
- complications de la ponction transseptale : tamponade, thrombus dans l'OG
- HTA pulmonaire sur sténose de veine pulmonaire (si ablation de FA) ... quasi 0% actuellement
- exposition aux radiations ... rare avec les systèmes de cartographie
- atteinte du nerf phrénique si ablation du nœud sinusal pour tachycardie sinusale (rare)
- arythmies nouvelles ... pex. flutters atypiques si ablation de FA ; FV après ablation du nœud AV
- majoration de troponine sérique ... normal et sans conséquences

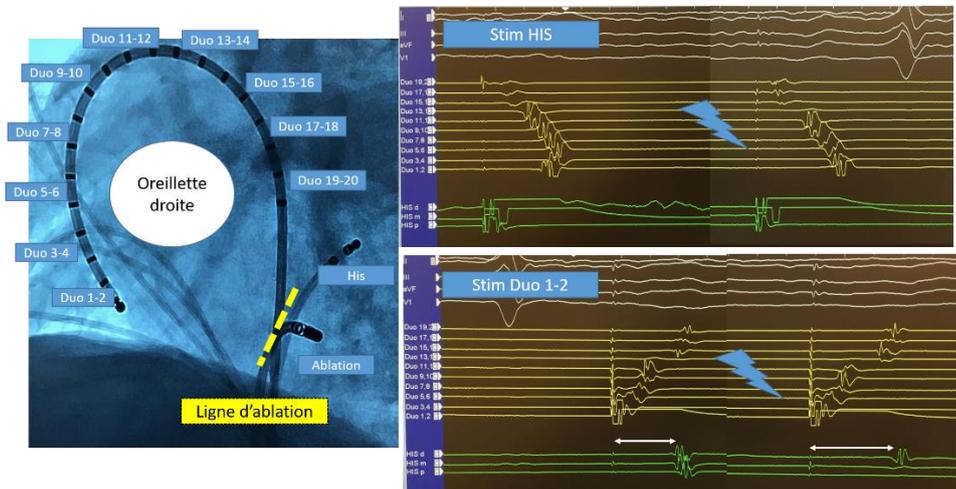


Figure 07-23 : ablation d'un circuit de flutter typique au niveau de l'isthme cavotricuspidien ; à droite, le placement des sondes duodécapolaire (20 pôles), quadripolaire (His) et d'ablation. À gauche, on note l'activation atriale avant et après le succès des tirs de RF (flèche), avec le bloc bidirectionnel horaire (haut) et antihoraire (bas) confirmant le succès de l'ablation.

## 7D. Deux techniques importantes au XXI<sup>e</sup> Siècle

### A. LES SYSTEMES DE CARTOGRAPHIE

Une **procédure sous fluoroscopie** (en représentation bidimensionnelle) permet de placer les différentes sondes dans le cœur, de comprendre la plupart des arythmies et un management classique dans plus de 90% des cas d'ablations. Sa limitation, quant à sa résolution en 3D, est évidente pour des cas complexes d'ablation de FA, de TV ou d'autres arythmies gauches. Un succès de procédure prendrait du temps et surtout une irradiation non souhaitée même pour un opérateur inexpérimenté. D'où, l'utilité de **système de cardiographie** n'utilisant pas les rayons et permettant l'intégration des signaux électrophysiologiques avec une géolocalisation anatomique des sondes d'ablation. Il y a sur le marché **trois firmes** qui proposent un tel système de cartographie (ou de navigation).

- **Le système CARTO (Biosense Webster Inc.)**

Le système CARTO<sup>®</sup> 3 est une technologie électromagnétique de pointe pour créer en temps réel des cartes 3D (ou volumes) des structures cardiaques d'un patient ; on parle d'une carte d'activation automatisée de foyers arythmogènes et de circuits aberrants en codage-couleur nécessitant un point de référence (souvent dans le sinus coronaire) et d'une carte de voltage permettant de localiser des zones de faible amplitude (synonyme de cicatrice). De plus, le système objective l'emplacement et l'orientation des sondes en temps-réel. Gain de temps et précision sur le diagnostic et sur le succès de l'ablation.

Plusieurs **améliorations techniques** sont à remarquer au cours du temps. On note aussi une meilleure qualité des cathéters diagnostiques (Pentaray<sup>®</sup> ou Lasso<sup>®</sup>) ou d'ablation (Thermocool<sup>®</sup> ou Thermocool SmartTouch<sup>®</sup>) ; ces derniers cathéters permettent de visualiser l'orientation des tirs et l'importance du contact avec les structures à ablater (« contact force »). La firme a développé un générateur de haute fiabilité intégré avec pompe (ablation irriguée) et contrôle à distance (Système SmartAblate<sup>™</sup>).

- **EnSite Precision™ cardiac mapping system (St Jude Medical - Abbott)**

Comme le système CARTO®, il permet la reconstruction 3D des cavités cardiaques, la localisation des sondes et des tirs d'ablation avec précision. Il utilise la combinaison technologique électromagnétique + impédance pour un succès des procédures. Le système est apprécié pour ses qualités de « « automaticité, flexibilité, précision ». Utilisation d'un double système :

- Contact mapping (**NavX™**) enregistrant le voltage et l'impédance des sondes et permettant la localisation 3D des sondes ; géométrie des cavités possible avec la mobilisation des sondes.
- Non-contact mapping (**Array™**) avec un ballon multi-électrode (MEA) gonflé et déployé dans la cavité critique. Ceci permet une acquisition multipoints (64 électrodes) ... donc reconstruction 3D très rapide et une carte d'activation précise en temps-réel.

- **Le système Rhythmia™ (Boston Scientific)**

Ce système est le troisième disponible en Belgique ; comme les deux précédents ... il permet la reconstruction 3D des cavités cardiaques, le diagnostic d'arythmie par carte d'activation automatisée et de voltage, et assure une qualité d'ablation précise et sécurisée. **Rhythmia™** permet une cartographie ultra haute densité (UHD) (enregistrement rapide de milliers de points) grâce au cathéter « basket » **IntellaMap Orion™** bidirectionnel et irrigué de 64 électrodes. Il nécessite un cathéter d'ablation **IntellaNav™**. Comme le système EnSite, la localisation des cathéters est hybride (magnétique et par impédance) qui procure stabilité et fiabilité. Le tout est complété par une pompe d'irrigation **MetriQ™** et un générateur d'ablation **Maestro 4000™**.



Figure 07-24 : systèmes de cartographie : Carto™, EnSite™ et Rhythmia™

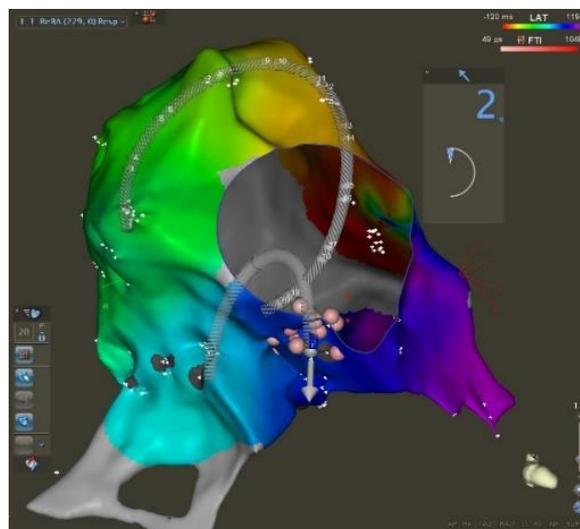


Figure 07-25 : rare cas d'ablation de flutter avec cartographie suite à une récurrence d'arythmie. Le système « contact force » (flèche) permet des tirs de radiofréquence au contact de la paroi de l'isthme cavotricuspidien, dans une oreillette droite dilatée.

## B. LA PONCTION TRANSSEPTALE

La **ponction transseptale (ponction de la fosse ovale au niveau du septum interauriculaire)** via l'oreillette droite est une technique indiquée dans les ablations de connexions accessoires gauches (WPW), les flutters gauches, la déconnexion des veines pulmonaires (ablation de FA) et les cas de TV ischémiques ou idiopathiques de type LVOT. Pour ces dernières, la voie rétrograde aortique est parfois plus aisée, ... moins de risque de gêne par la valve mitrale et meilleur appui pour le mapping et l'ablation de circuit de TV séquelle. La ponction transseptale est, de plus, requise pour toutes les procédures de fermeture d'auricule gauche, les dilatations percutanées de sténose mitrale rhumatismale et le placement de MitraClip™.

La **contre-indication à la procédure** est l'inexpérience du cardiologue (+++), la fermeture du septum interauriculaire par une prothèse ou un patch péricardique, et la présence de thrombus dans l'oreillette ou l'auricule gauche. Les contre-indications relatives sont l'incapacité du décubitus ou d'une anesthésie générale, une VCI non perméable (occlusion, malformation, génétique) ou une OG très dilatée non abordable. Les **complications de la procédure** sont liées à la ponction transseptale (tamponade), à la gaine dans l'OG (emboles, AVC), et à la procédure elle-même. La ponction aortique et la perforation de l'oreillette gauche peuvent entraîner une tamponade et le décès. De plus dans l'ablation de la FA, une anticoagulation maximale est de mise.

La **sécurisation de la ponction transseptale** se fait via une échographie par voie transœsophagienne (d'office) sous anesthésie générale ou par ICE (échographie intracardiaque) ; de plus, il faut ...

- avoir un kit de drainage péricardique, ainsi que des infirmières formées à la complication de tamponade.
- surveiller la procédure pour éviter les caillots dans la gaine ou dans l'OG ; irrigation de la gaine et héparinisation maximale (et contrôlée) lors des procédures. Appareil de contrôle TCA indispensable en salle.

## 7E. Cardioversion électrique et défibrillation

- **Type de choc**
  - choc asynchrone (défibrillation) en cas de FV ou de TV sans pouls.
  - choc synchrone (cardioversion) si arythmies instables ou, de manière élective, chez des patients stables (par exemple en cas de FA ou flutter auriculaire).
- **Règles de base**
  - patients conscients : anesthésie totale nécessaire.
  - éviter le gel ; utiliser des patches cutanés
- **Caractéristiques du choc** : monophasique ou biphasique (efficacité supérieure).
- **Place des électrodes**
  - thoracique classique (Electrode sternale et apicale) ; alternative : antéro-postérieur
  - évitez de placer les électrodes proches du générateur du PM ou d'un ICD (risque de dysfonction)
- **Complications**
  - atteinte myocardique (FEVG basse, œdème pulmonaire) si chocs répétés
  - FV si choc asynchrone (risque de choc sur le sommet de l'onde T en période vulnérable).
  - arythmies : bradycardie ou asystolie ; récurrence précoce de FA !
  - brûlures cutanées, ou flammes (rares) si arc électrique est source d'O<sub>2</sub> à proximité
  - électrocution accidentelle du soignant en contact du patient.
- **Après le choc** : monitoring + contrôle du pacemaker/ICD après choc électrique si indiqué.

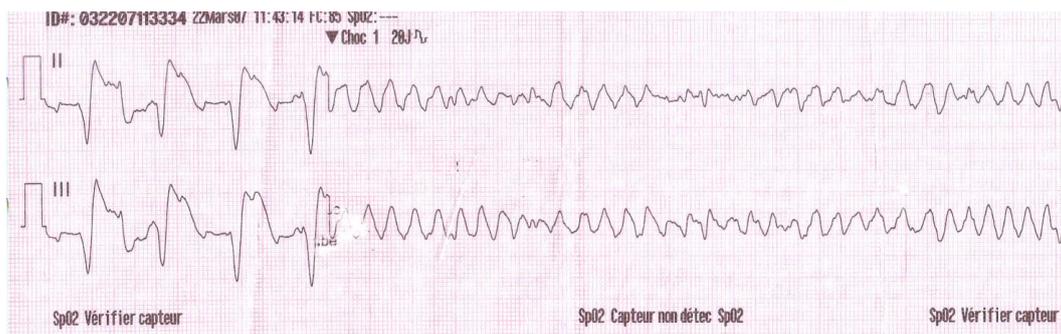


Figure 07-26 : strip ECG montrant un choc asynchrone de 20 J (flèche) pour un flutter auriculaire, ... qui dégénère en FV (choc sur l'onde T) ; un 2<sup>ème</sup> choc permettra le retour en rythme sinusal

## A. LA CARADIOVERSION ELECTRIQUE DANS LA FIBRILLATION AURICULAIRE

Il faut toujours proposer une procédure éleative (sauf cas d'urgence vitale), ... à discuter s'il existe

- des **critères d'exclusion** (sténose aortique serrée (surface < 0.8 cm<sup>2</sup>), BPCO instable (crise d'asthme, infection, ...), syndrome coronaire instable, hyperthyroïdie (traiter au minimum 3-4 semaines), anémie sévère, choc hypovolémique, sepsis, ou espérance de vie < 1 an)
- ou des **facteurs prédictifs d'échec** (récidives de FA sous antiarythmiques, FA de durée > 1 an, oreillette gauche très dilatée (> 5 cm), FEVG basse). Il existe aussi des **complications potentielles** : AVC, embolies périphériques, arythmies, OAP, brûlures cutanées.
- **Préparation avant toute cardioversion éleative de la FA**
  - **Anticoagulation** orale (SINTROM® ou NOAC) efficace de 3-4 semaines si FA > 48h (INR 2-3); alternatives pour un choc « précoce » sous HNF/HBPM ou NOAC:
    - Exclusion d'un thrombus dans l'auricule gauche à l'ETO ou au scanner de l'auricule
    - Enoxaparine (CLEXANE®) à dose thérapeutique (1 mg/kg 2x/j pendant 3-8 jours, puis une dose fixe de 40-60 mg 2x/j SC) au lieu de l'anticoagulation orale (**étude ACE**). Attention chez le patient avec insuffisance rénale !
  - Maintien de l'anticoagulation efficace 4 semaines, si score de CHADS<sub>2</sub> = 0, sinon anticoagulation à vie ; Pas d'indication de prise d'aspirine (inefficacité totale).
  - **Médications antiarythmiques** : amiodarone, flécaïnide, propafénone, sotalol à commencer avant le choc, ou hors hôpital quelques jours avant choc, en l'absence de cardiopathie connue.



Figure 07-27 et 07-28 : préparation éleative du patient, puis choc électrique externe pour fibrillation auriculaire persistente, ... sédation, ventilation, choc et monitoring

- **Procédure de choc !!**
  - Patient à **jeun sous monitoring** ECG, TA et saturation SaO<sub>2</sub>, matériel de réanimation à portée de main, pré-oxygénation (O<sub>2</sub> à > 12 litres/min) pour SaO<sub>2</sub> à 100%, TAs stable < 180 mmHg
  - Biologie : INR 2-3 si nécessaire, K<sup>+</sup> 3.5-5.0 mEq/l, digoxinémie < 1.8 mg/dl
  - Positionnement correct des palettes (sternum-apex), éviter proximité d'un PM ou d'un ICD
  - Sédation avec **etomidate** (HYPNOMIDATE® 0.3 mg/kg ou 20 mg IVD) ou **propofol** (DIPRIVAN® 1%, 1-2 mg/kg (1 ampoule de 20 ml = 200 mg) titré IV, selon le degré de sédation)
  - **Ventiler** au masque, tant que le patient n'a pas récupéré une respiration propre
  - Commencer avec un **choc biphasique** de 200 J (x2 si monophasique) ; si échec, majorer l'énergie jusqu'à 360 J, intervalle entre 2 chocs de 1 minute, maximum 3 chocs (flutter auriculaire ou TV max 50 J)
  - Surveillance jusqu'à la récupération respiratoire et neurologique complète, oxygène 2-3 litres/min pour SaO<sub>2</sub> > 95% pendant une heure, mettre des barreaux au lit pour éviter une mauvaise chute !
  - Télémétrie : 24 heures ? ou en hospitalisation de jour (quelques heures ?)

## B. LA CARDIOVERSION DE LA TACHYCARDIE VENTRICULAIRE

La **tachycardie ventriculaire** est une arythmie potentiellement dangereuse, en cas de cardiopathie sous-jacente (séquelle d'infarctus ou cardiomyopathie). Avant tout traitement, enregistrer un ECC 12-dérivations, si pas d'instabilité hémodynamique, ... et puis :

- essai médicamenteux (Exclure le vérapamil si doute diagnostic de tachycardie à QRS larges):
  - **Lidocaïne** 50 mg IV (à répéter après 10 minutes, max 200 mg IV) si ischémie myocardique
  - **Amiodarone** 300 mg IV en 20-60 minutes, suivis d'une perfusion de 900 mg en 24 heures.
- échec ou instabilité hémodynamique : cardioversion synchrone à 50 J, 100 J, 360 J si chocs inefficaces
- procédure si TV stable ... idem FA : sédation, ventilation, choc et monitoring
- contrôle ECG-12 dérivations après remise en rythme sinusal (comparer les ECG)

## C. LA DEFIBRILLATION ou LE CHOC ELECTRIQUE ASYNCHRONE

- **Indication** de la défibrillation (choc asynchrone): FV ou TV sans pouls
- **Séquence** comme la cardioversion (choc synchrone)
- **Succès** si remise en rythme sinusal (endéans les 5 secondes) ; celui-ci dépend de :
  - défibrillation précoce (dès monitoring et diagnostic posé !)
  - énergie suffisante : 360 J en biphasique
  - minimiser l'impédance thoracique (normal 70-80  $\Omega$ ) avec bon contact entre peau et électrode + force appliquée sur les palettes (risque = arc électrique, moindre courant délivré, brûlures)
  - ne pas oublier de faire le massage cardiaque (cfr réanimation BLS)
  - refaire des chocs avec énergie maximale + appel du team de réanimation
- Envisager **amiodarone** (300 mg IV), si FV ou TV sans pouls, persiste après le troisième choc, ... risque de thrombophlébite si voie veineuse périphérique, bien rincer par la suite !

## D. ET L'ELECTROPORATION ?

Après choc électrique externe, on observe parfois un sus-décalage du segment ST transitoire ... **on parle alors d'électroporation (ou électroperméabilisation)** ; elle est définie comme une augmentation transitoire significative de la conductivité et de la perméabilité de la membrane cellulaire, induite par un choc électrique externe. On observe (in vitro) la formation de pores à travers la membrane cellulaire et une perturbation de l'équilibre ionique de la cellule. Elle pourrait expliquer certaines arythmies (ESV, bloc,...) et la récurrence précoce de FA. La restauration de l'intégrité de la membrane cellulaire peut prendre plusieurs minutes. Le sus-décalage serait de courte durée (< 1 minute). Les deux hypothèses cliniques les plus citées pour expliquer cette anomalie ECG sont le vasospasme coronaire et le phénomène de « stunning » myocardique. Ces modifications électriques font penser au syndrome dynamique de Brugada ou aux ondes J d'Osborne en cas d'hypothermie.

---

### REFERENCES

- Steinberg JS, et al. 2017 ISHNE-HRS expert consensus statement on ambulatory ECG and external cardiac monitoring / telemetry. Heart Rhythm 2017; 14: e55-e96.
- Abraham WT, Perl L. Implantable hemodynamic monitoring for heart failure patients. J Am Coll Cardiol 2017; 70: 389-398.
- Shen WK, Seldon DG, Benditt DG, et al. 2017 ACC/AHA/HRS Guideline for the evaluation and management of patients with syncope. J Am Coll Cardiol 2017; 70 : e39-110.
- Wellens HJJ. Narrow QRS tachycardia. In - Wellens HJJ, Conover M. The ECG in emergency decision making. 2nd Edition, Saunders Elsevier, St Louis, 2006, pp 91-127.
- de Meester A, Descamps O, Melchior J, De Schryver N, Badot D. Microvolt T-wave alternans in risk stratification of patients with ischemic and nonischemic dilated cardiomyopathy: can it help to better select candidates for ICD implantation? First experience of a single Belgian centre. Acta Cardiol 2010; 65:109-10
- Aro AL, Kentta TV, Huikuri HV. « Microvolt T-Wave Alternans: Where Are We Now? ». Arrhythmia & Electrophysiology Review 2016; 5: 37-40.
- Andrade JG. The Clinical Cardiac Electrophysiology Handbook. Ed Jason Andrade, Cardiotext Publishing. 2016, pp 1-363.
- Wellens HJJ. Electrical treatment of arrhythmias and the automated external defibrillator in out-of-hospital resuscitation. In -Wellens HJJ, Conover M. The ECG in emergency decision making. 2nd Ed, Saunders Elsevier, St Louis, 2006, 258-62;
- De Schryver N, Melchior J, Vanderhofstadt M, de Meester A. Sus-décalage du segment ST après un choc électrique externe : un cas typique d'électroporation ? J Cardiol 2009; 21: 337-40.