

# ANTI-ARYTHMIQUES

- Classe hétérogène
- Nombreuses molécules
- Présentations variables
- Même trouble du rythme  $\Rightarrow \neq$  conséquences cliniques (selon la nature de la maladie CV)
- Médicaments générateurs de troubles du rythme!

## Médicaments difficiles à utiliser

1

## 1. Electrophysiologie du rythme cardiaque normal :

### Propriétés cellulaires élémentaires:

- **Automatisme** : « capacité à se dépolariser »
- **Excitabilité** : « capacité d'être dépolarisées »
- **Conduction** : « capacité de propager la dépolarisation aux cellules voisines puis de se repolariser »



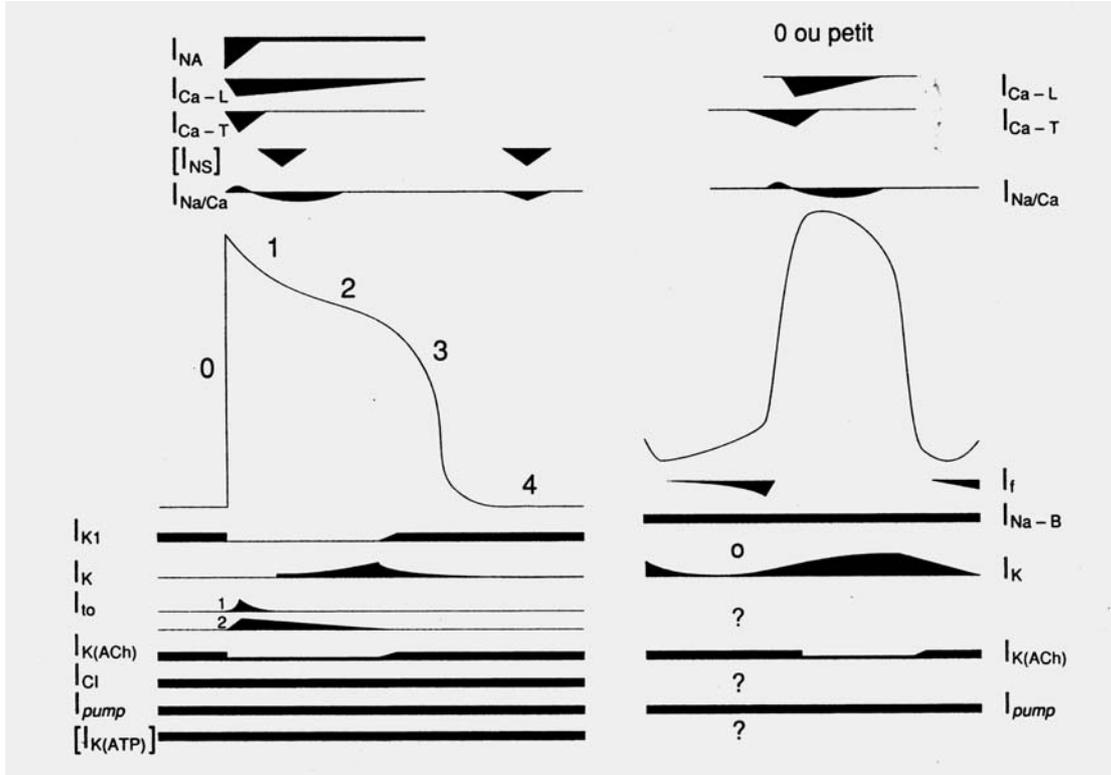
*Différentes cellules participent à la genèse du rythme cardiaque et à sa propagation harmonieuse à l'ensemble du coeur: la finalité de ce processus est de permettre à l'ensemble des cellules musculaires cardiaques de se contracter de manière synchrone pour assurer le bon fonctionnement hémodynamique du coeur.*

2

Les variations de potentiel que subissent les cellules sont générées par des transferts de charges électriques à travers la membrane plasmique; et plus exactement par des transferts d'ions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , ( $\text{Cl}^-$ )).

**Cellules à réponse rapide**

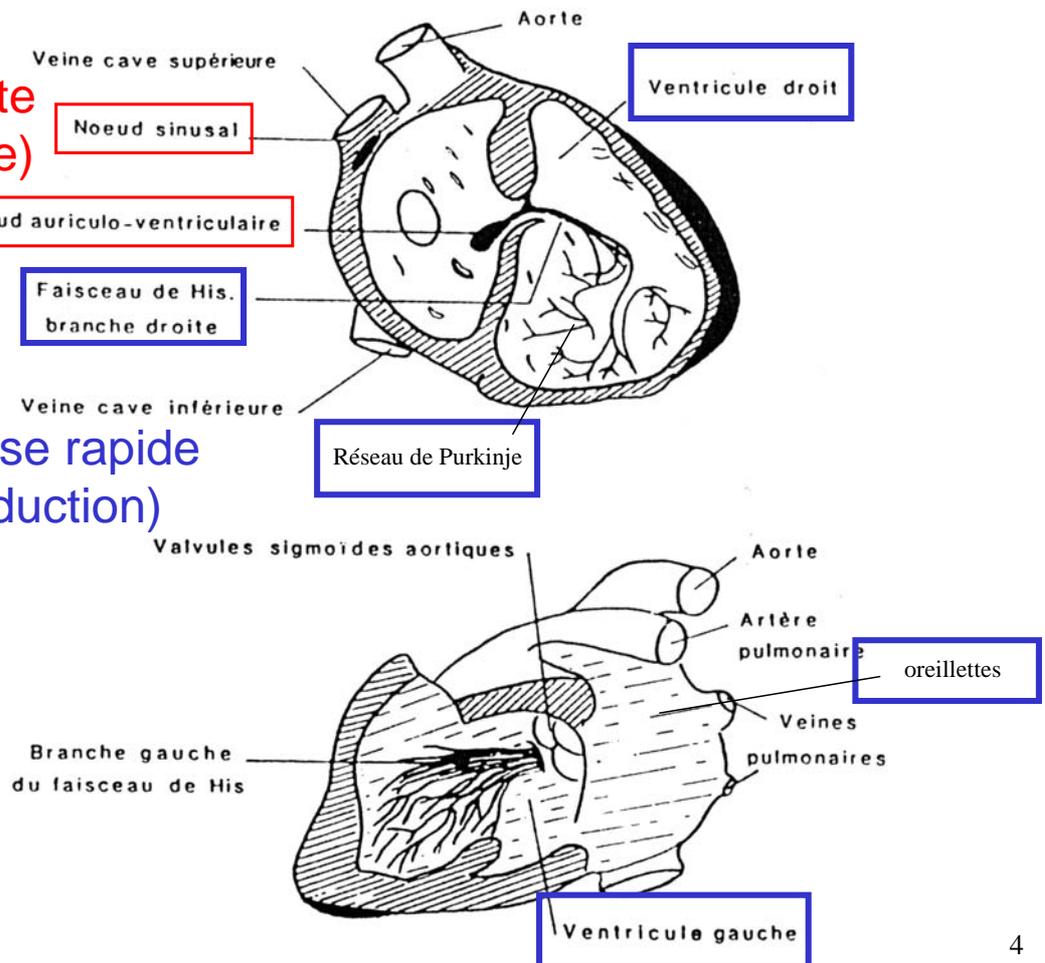
**Cellules à réponse lente**



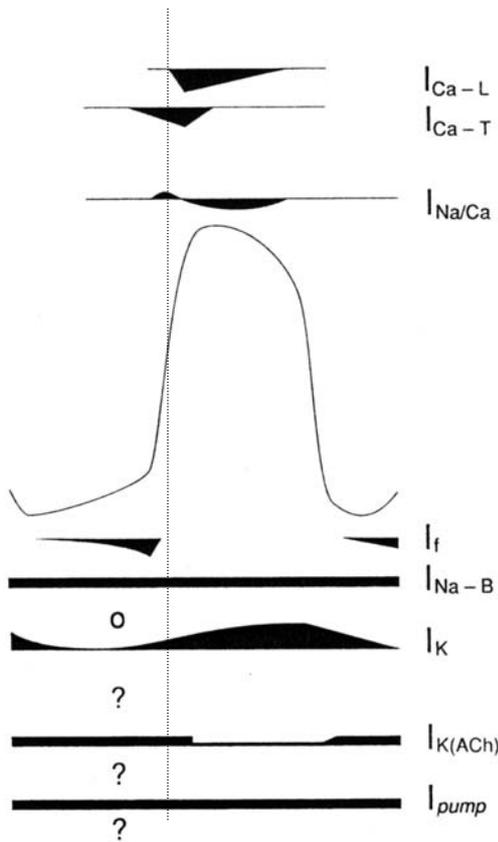
3

Réponse lente  
(automatisme)

Réponse rapide  
(conduction)



4



**Automatisme** : commandé par les cellules pacemaker, dites à réponse lente, capables de se dépolariser spontanément\* au cours de la diastole électrique jusqu'à atteindre un potentiel seuil auquel se déclenche une dépolarisation\*\* importante génératrice d'une impulsion électrique susceptible de se propager.

→ noeud sinusal (pente de dépolarisation spontanée la + forte ⇒ « prioritaire ») (et noeud auriculo-ventriculaire)

\*If = ↑↑ entrée de Na+

\*\* I<sub>Ca-L</sub>, I<sub>Ca-T</sub>

*Sous l'influence du SNA*

•symp → ↑↑ If: chrono +

•vagal → ↓↓ If : chrono -

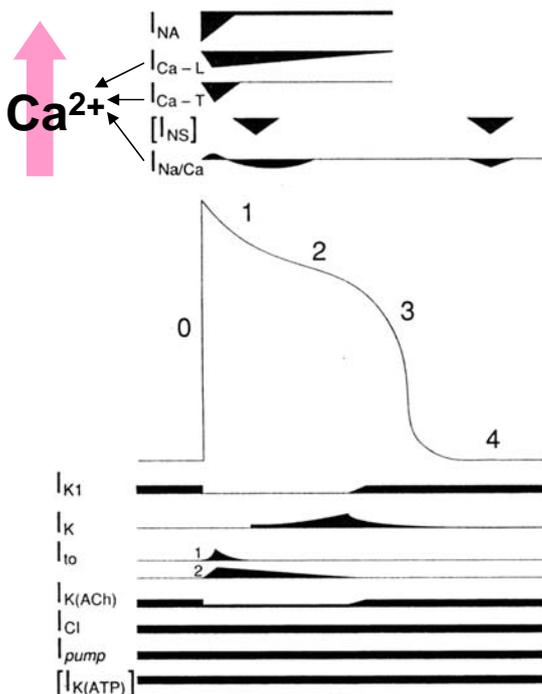
5

**Conduction** : commandée par des cellules dites à réponse rapide, caractérisées par un potentiel de repos fortement négatif et une faible capacité (voire incapacité) à se dépolariser spontanément.

On distingue 4 phases du potentiel d'action :

0. Dépolarisation brutale (entrée Na<sup>+</sup>),
1. Repolarisation initiale (entrée de Cl<sup>-</sup>),
2. Plateau (entrée Ca<sup>2+</sup>),
3. Repolarisation terminale (sortie K<sup>+</sup>)
4. Retour au pot. de repos (Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-ATPase)

→ cellules du système His-Purkinje + cellules localisées dans le myocarde auriculaire et ventriculaire



6

## • !! Conduction mais aussi contraction !!

cfr  $\uparrow$   $\text{Ca}^{2+}$  intracellulaire  $\rightarrow$  inotropisme +

( $\rightarrow$  effets inotropes nég. des anti-arythmiques bloquant l'entrée initiale de  $\text{Na}^+$ ; et inotropes pos. des anti-arythmiques allongeant la durée de repolarisation)

• Vitesse de conduction = vitesse de dépolarisation: elle dépend du degré de polarisation des tissus rencontrés

( $\rightarrow$  les cellules ischémiques partiellement dépolarisées conduisent moins bien l'influx  $\rightarrow$  source d'arythmies).

• Même dans une situation normale, une cellule non encore suffisamment repolarisée ne conduit pas l'influx électrique  $\rightarrow$  « Période Réfractaire »

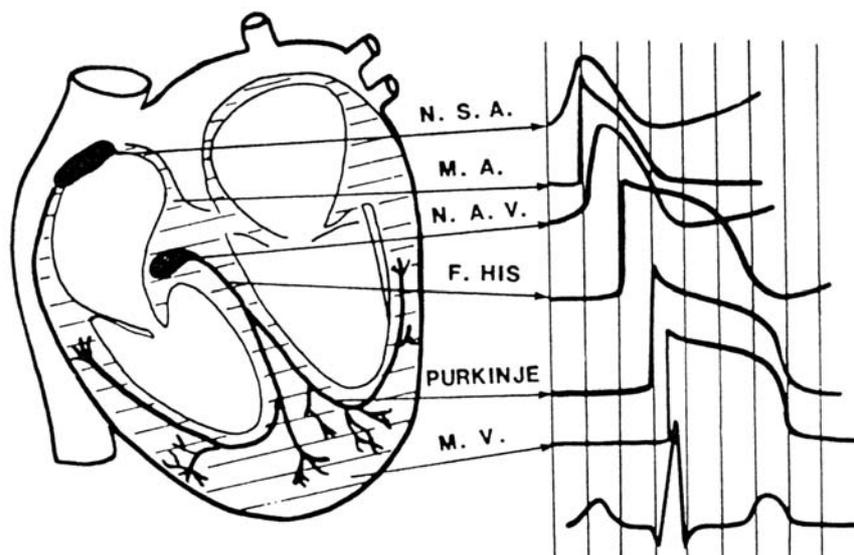
• Médicaments agissant sur la période réfractaire:

typiquement, anti-arythmiques de Classe III: via allongement de la durée du PA (cellules repolarisées avec retard)

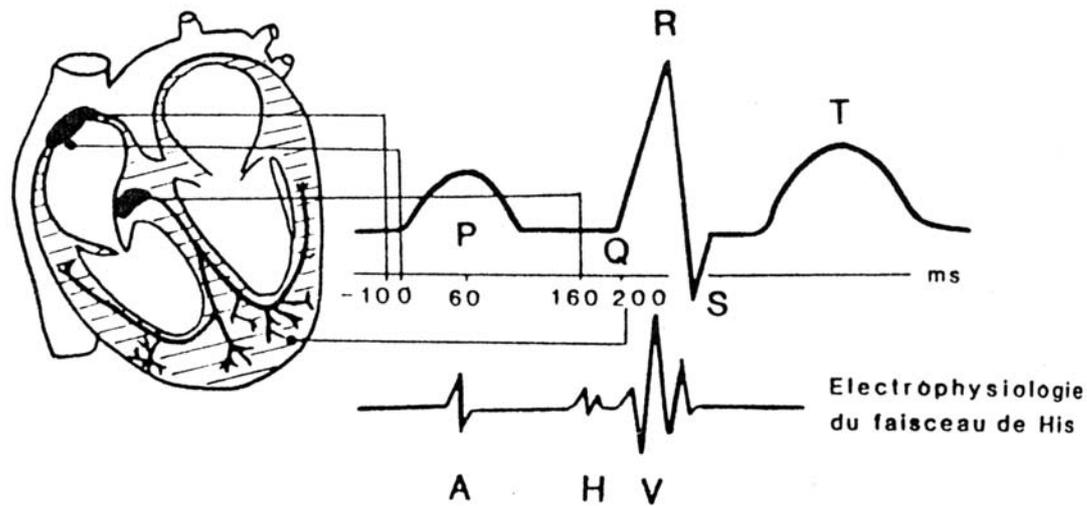
7

## Relation entre potentiel d'action et électrocardiographie de surface :

Sommation de toutes les activités électriques des tissus cardiaques  
= électrocardiogramme!



8



P =  $\Sigma$  activation électrique des oreillettes

QRS =  $\Sigma$  dépolarisations ventriculaires

T =  $\Sigma$  repolarisations ventriculaires

PR --> vitesses d'influx à travers noeud AV

QT --> vitesse de l'ensemble dépol./repolarisation du V

9

## 2. Mécanismes de troubles du rythme cardiaque :

Arythmie  $\Rightarrow$  conjonction de plusieurs facteurs

à rechercher parmi les catégories suivantes :

- **substrat arythmogène** : anomalie électrophysiologique généralement liée à une lésion anatomique du coeur
  - troubles de l'automatisme \*
  - troubles de la conduction \*\*
- **facteur déclenchant** : ischémie, hypoxie, troubles ioniques , variations de pH, variation de fréquence cardiaque, extrasystole, médicaments;
- **SNA** : sympathique ou vagal, favorisant ou n'empêchant pas le facteur déclenchant d'agir sur le substrat

\* Troubles de l'automatisme: perte de contrôle du pacemaker sinusal (par majoration de la dépolarisation diastolique spontanée) ou « activités déclenchées » (dépolarisation interrompant les phases 2/3 ou 4, favorisées respectivement par des allongements de durée du PA et de la tachycardie).

### 1. AURICULAIRES

**Tachycardie sinusale**: rythme sinusal (aspect normal de l'ECG) de fréquence supérieure à 100 battements/min.

Peut être: — physiologique (effort, émotion);  
— constitutionnelle chez des sujets anxieux;  
— pathologique, en réponse à une baisse de débit;  
— cardiaque (insuffisance cardiaque).

**Bradycardie sinusale**: rythme sinusal inférieur à 60 battements/min. Physiologique durant le sommeil chez certains sportifs.

**Maladie de l'oreillette** (Maladie du sinus: *sick sinus syndrome*). Activité déficitaire du nœud sinusal entraînant par phases: bradycardie sinusale, pause sinusale, phases de tachycardie, voire de fibrillation auriculaire. L'onde P est souvent absente dans certaines séquences.

**Fibrillation auriculaire**: l'activité rythmique du sinus est remplacée par des excitations rapides, irrégulières, dont certaines atteignent en désordre le ventricule d'où une arythmie ventriculaire complète.

**Flutter auriculaire**: les oreillettes répondent à un mouvement d'excitation circulaire par des contractions rapides, aux environs de 300 battements/min. Les ventricules répondent de façon régulière, rarement coup pour coup, plus souvent 1/2, 1/3 voire 1/4.

### 2. JONCTIONNELS

**Tachycardie jonctionnelle réciproque**: due à un circuit de réentrée activant alternativement oreillette et ventricule à une fréquence de l'ordre de 200 battements/min. Existence d'une double voie, notamment du fait d'un faisceau anormal reliant oreillette et ventricule en plus du faisceau de His.

### 3. VENTRICULAIRES

**Tachycardie ventriculaire**: trouble du rythme particulièrement grave, se produisant à la suite d'un infarctus ou à une phase avancée de l'insuffisance cardiaque.

**Fibrillation ventriculaire**: équivalent au niveau ventriculaire de la fibrillation auriculaire, mais hémodynamiquement comparable à un arrêt cardiaque.

**Torsades de pointe**: tachycardie avec aspect caractéristique de l'ECG: variations de l'axe électrique avec rotation des sommets de QRS de part et d'autre de la ligne isoélectrique.

\*\* Troubles de la conduction:  
mécanisme dit « de ré-entrée »

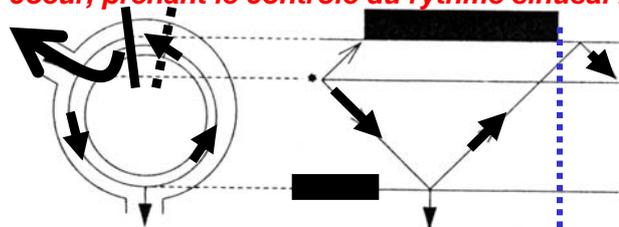
⇒ obstacle anatomique/  
physiologique **unidirectionnel**  
(cicatrice d'infarctus par ex.)  
+ deux voies d'influx, la seconde  
repénétrant de façon rétrograde  
la région initialement bloquée et  
sortie de sa période réfractaire

!! + multivariables:

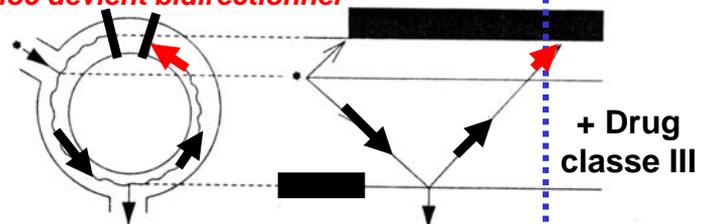
- stimulation vagale/symp.
- fréq. cardiaque
- médicaments anti-arythm.
- foyer d'automatisme prox.

...

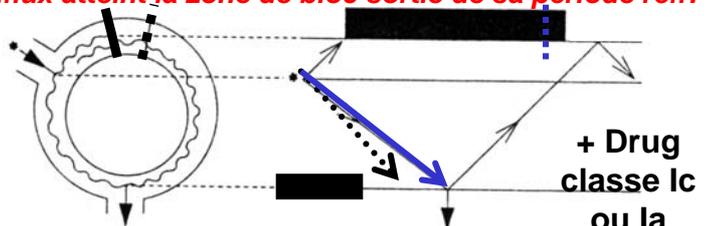
**A chaque tour de circuit, l'influx dépolarise le reste du coeur, prenant le contrôle du rythme sinusal normal**

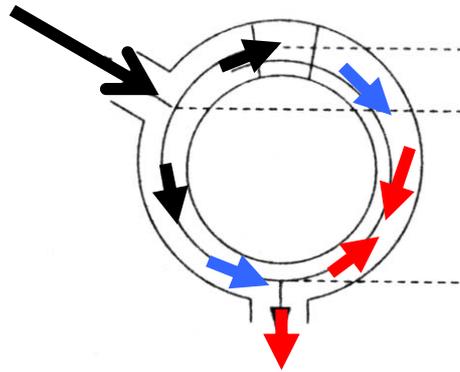


**Allongement de la durée de la période réfractaire, le bloc devient bidirectionnel**



**Ralentissement excessif de la vitesse de conduction, l'influx atteint la zone de bloc sortie de sa période réfr.**





### TROUBLES DE LA CONDUCTION

**Blocs auriculo-ventriculaires**, allant du simple ralentissement du passage de l'onde de dépolarisation dans la zone jonctionnelle (PR supérieur à 0,2 s) à un arrêt complet, intermittent ou permanent de la conduction A-V.

**Syndrome de Wolff-Parkinson-White**, dépend de l'existence d'une voie de communication directe entre l'oreillette et le ventricule de telle façon que l'onde d'excitation n'est pas ralentie par le passage dans la zone jonctionnelle. Il entraîne souvent des tachycardies jonctionnelles réciproques, parfois des accès de fibrillation ou de flutter auriculaire.

**Intraventriculaires**: les troubles de la conduction peuvent se produire dans l'une ou l'autre branche du faisceau de His, bloc de branche droit, bloc de branche gauche, et n'exigent aucun traitement, à l'exception de celui de l'éventuelle cardiopathie associée.

Arhythmie  $\Rightarrow$  conjonction d'un substrat arhythmogène, d'un facteur déclenchant et ...de l'influence du SNA:

	Système adrénergique	Système cholinergique
	<i>Tonus adrénergique, surtout diurne</i>	<i>Tonus cholinergique permanent s'exagérant pendant le sommeil</i>
Nœud sinusal	↗ pente de dépolarisation diastolique: accroissement de la fréquence cardiaque	↘ potentiel de membrane: diminution de la fréquence pouvant aller jusqu'à l'arrêt
Myocarde auriculaire	↘ périodes réfractaires ↗ vitesse de conduction ↗ contractilité	↘ périodes réfractaires ↗ vitesse de conduction ↘ contractilité
Nœud A-V	↗ vitesse de conduction	↘ vitesse de conduction pouvant aller jusqu'au bloc
His-Purkinje	↗ automaticité ↘ période réfractaire ↗ vitesse de conduction	Peut ralentir l'automaticité du faisceau de His. Sans effet sur le réseau de Purkinje
Myocarde ventriculaire	↗ contractilité ++	Très légère diminution de la contractilité

### 3. Classification des agents anti-arythmiques :

#### Classification des EFFETS (Vaughan Williams) :

**I** : ralentissement de la vitesse de conduction des cellules à réponse rapide

**II** : blocage des récepteurs adrénergiques

**III** : allongement de la durée des potentiels d'action et donc des périodes réfractaires

**IV** : inhibition du courant calcique lent

---

**\*V**: inhibition du courant  $I_f$  (cible idéale pour réduire de façon sélective la fréquence cardiaque)  
– 2005/2006 - L'Agence européenne pour l'évaluation des médicaments (EMA) a accordé l'autorisation de mise sur le marché au Procoralan (**Ivabradine**, Servier), premier inhibiteur sélectif et spécifique du courant pacemaker  $I_f$ , dans 27 pays européens pour le **traitement symptomatique de l'angor stable chronique** chez les patients en rythme sinusal normal et présentant une contre-indication ou une intolérance aux  $\beta$ -bloquants.

**Classe I** : ralentissement de la vitesse de conduction des cellules à réponse rapide  $\Rightarrow$  **Blocage de  $I_{Na^+}$**  (« anesthésiques »)

#### **Hétérogénéité des effets, d'où sous-classification ...**

- Théorie du récepteur modulé  $\rightarrow$  + grande affinité pour les canaux activés et inactivés

$\Rightarrow$  voltage-dépendance : conductance sodique d'autant plus bloquée que le tissu est dépolarisé, comme en cas d'ischémie

$\Rightarrow$  fréquence-dépendance : blocage d'autant plus important que le canal est souvent utilisé, c-à-d que la fréquence cardiaque est élevée

## Différentes lectures des sous-classes Ia, Ib et Ic:

	Durée du PA (Période réfractaire)	Dissociation de la drogue	Vitesse de conduction	Anti-arythm. -marché belge-
Ia	Prolongent	Intermédiaire (entre Ib et Ic)	↓↓↓	disopyramide
Ib	Réduisent	rapide	↓	lidocaïne, mexilétine, (phénytoïne)
Ic	Sans effet	lente	↓↓↓↓	cibenzoline, flécaïnide, propafénone

17

### Classe I : Blocage de INa+

Profil électrocardiographique : allongement de la durée de l'intervalle QRS  
(Σ dépol. ventr.)

- Indication principale: **fibrillation auriculaire**
- Indications spécifiques (Ib):

Lidocaïne: dans les troubles du rythme compliquant l'**infarctus** (en i.v.) ou lors d'une chirurgie cardiaque (action préférentielle sur tissus ischémiques)

Mexilétine: (bonne biodisponibilité *per os*), en général seulement dans les arythmies ventriculaires

18

## Effets secondaires : Ib<Ia<Ic

### - effets inotropes négatifs

→ problème si patient avec fonction ventriculaire gauche altérée, particulièrement si insuffisance coronaire (cfr dépolarisation du tissu ischémique) → insuffisance cardiaque !

### - effets arythmogènes (hypokaliémie favorisante)

→ via pérennisation d'un circuit de ré-entrée (parfois létal)

- effets « anesthésiques »: tremblements, excitation, convulsions

## Autres effets secondaires et C.I.:

### Ia: ~~Quinidine (===)~~ et disopyramide (+): **effets anti-cholinergiques**

- rétention urinaire → attention patients prostatiques
- troubles visuels → attention si glaucome,
- constipation, ...

Ic: Etude CAST (flécaïnide) et CASH (propafénone): mortalité accrue **post-infarctus** → dysfonction ventriculaire gauche = C.I.

19

## **Classe II : Blocage des récepteurs $\beta$ -adrénergiques ( $\beta_1 > \beta_2$ )**

Profil électrocardiographique : allongement des intervalles RR (ralentissement de la fréquence cardiaque = **chronotrope nég.**) et de l'intervalle PR (ralentissement de la vitesse de conduction dans le noeud AV = **dromotrope nég.**).

Indications: **tachycardie et inhibition du tonus adrénergique arythmogène** (notamment dans les hyperthyroïdies)

## Effets secondaires et C.I.:

- **bradycardie et bloc AV** (doses élevées, sujets âgés, combinaisons avec médicaments altérant l'automatisme cardiaque)

- **effets inotropes négatifs** des  $\beta$ -bloquants (insuffisance cardiaque !)  
⇒ ne jamais interrompre brutalement le traitement

Autres C.I.: bronchospasmes, asthme

20

## Classe III : Allongement de la durée du potentiel d'action (= durée de repolarisation)

- effets sur cellules à réponse rapide → allongement (surtout) des périodes réfractaires via blocage des canaux K<sup>+</sup> repolarisants
- effets sur cellules à réponse lente → ralentissement de la fréquence cardiaque

donc **inotrope positif** ET **chronotrope négatif**

de plus: **effet "fréquence-dépendance inverse" ...**

*La contribution des canaux potassiques à la repolarisation diminue avec l'augmentation de la fréquence cardiaque (au regard d'autres mécanismes repolarisants). Les effets des molécules de classe III sont donc atténués par les fréquences élevées et amplifiés par les fréquences lentes.*

→ Risque accru de **torsades de pointe** (cfr tracés de tachycardie ventriculaire avec complexes QRS présentant une amplitude et une polarité variables)  
(sotalol > amiodarone)



21

## Classe III : Allongement de la durée du potentiel d'action

Profil électrocardiographique : allongement de l'intervalle QT  
(RR si cellules à réponse lente du noeud sinusal)

Indications: **Fibrillation auriculaire et arythmies ventriculaires**

Pharmacocinétique: Amiodarone  $t_{1/2}$  = 10-100 jours; entrée en action lente

Effets secondaires :

- **torsades de pointe**, se terminant spontanément ou dégénérant en fibrillation ventriculaire mortelle (bien que facilement traitées si contrôle médical à proximité). Toujours en présence d'un facteur favorisant : bradycardie excessive, hypokaliémie, ischémie, voire facteurs génétiques pré-disposants.
- rash cutané (photosensibilité – pigmentation), anomalies thyroïdiennes, fibrose pulmonaire (potentiellement irréversible), dépôts sur la cornée, problèmes neuro+GI, toxicité hépatique

Précautions: protection anti-UV, suivi régulier de la fct thyroïdienne, contrôle ophtalmo., inhibiteur CYP2C9, 2D6, 3A4



22

## Classe IV : Inhibition des canaux calciques de type L

Vérapamil, diltiazem mais aussi adénosine.  
**!! Pas dihydropyridines**

Ralentissement des vitesses de conduction des cellules à réponse lente (douées d'automatisme)

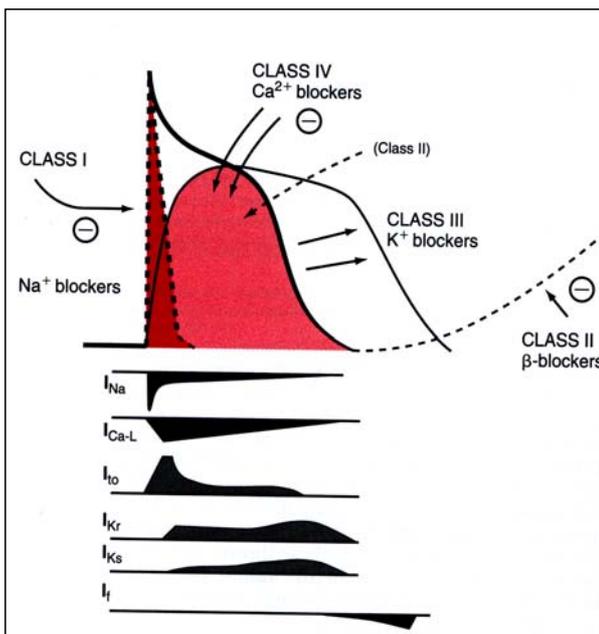
Cfr Classe I: théorie du récepteur modulé (fréquence-dépendant) + effet inotrope négatif

Profil électrocardiographique : ralentissement de la conduction auriculo-ventriculaire via allongement de l'intervalle PR + effets bradycardisants

Indications: **tachycardies paroxystiques supraventriculaires**

Effets secondaires/CI: blocs AV, bradycardie sinusale, bloc sino-auriculaire, dépression de l'inotropisme cardiaque

23



Class	Channel Effects	Repolarization Time	Drug Examples
IA	Sodium block, markedly inhibitory effect	Prolongs	Quinidine Disopyramide Procainamide
IB	Sodium block, inhibitory effect	Shortens	Lidocaine Phenytoin Mexiletine Tocainide
IC	Sodium block, major inhibitory effect	Unchanged	Flecainide Propafenone Moricizine*
II	Phase IV (depolarizing current); calcium channel	Unchanged	$\beta$ -Blockers (sotalol also has class III effects)
III	Repolarizing K <sup>+</sup> currents	Markedly prolongs	Amiodarone Sotalol Bretylium
IV	AV nodal Ca <sup>2+</sup> block	Unchanged	Verapamil Diltiazem
IV-like	K <sup>+</sup> channel openers (hyperpolarization)	Unchanged	Adenosine ATP

\*"Mixed" class IC and IB properties.

24

	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV	Classe V
Principal effet cellulaire	↓ $V_{max}$ , ↓ vitesse de conduction	β-bloquants	↑ de la durée des PA ↑ des périodes réfractaires	inhibition calcique	↓ dépolarisation diastolique spontanée
Principal mécanisme de l'effet	bloc de $I_{Na}$	bloc des récepteurs $\beta_1$ et $\beta_2$	bloc de $I_K$ , $I_{K1}$ et/ou $I_{to}$	bloc de $I_{Ca}$	bloc de $I_f$
Conséquences sur l'ECG	↑ QRS (± ↑ PR)	↑ PR, ↓ FC	↑ QTc (± ↓ FC)	↑ PR, ↓ FC	↓ FC (± ↑ PR)
Profil des effets indésirables	arythmogénicité inotropisme négatif blocs de conduction hissiens ou intraventriculaires	bradycardie BAV inotropisme négatif	torsades de pointes	bradycardie BAV inotropisme négatif	bradycardie BAV ? bloc sino-auriculaire ?
Exemples de médicaments	quinidine (a) disopyramide (a) lidocaïne (b) mexilétine (b) cibenzoline (a ou c) propafénone (c) flécaïnide (c)	propranolol acébutolol nadolol aténolol amiodarone (b) esmolol (amiodarone) (propafénone)	d-sotalol sotalol quinidine disopyramide sotalol brétylium*	vérapamil diltiazem bépridil cibenzoline adénosine (amiodarone)	<b>Ivabradine</b> <b>(pour angor!)</b>