## Les modes de stimulation bases de temps

Xavier Copie
Centre Cardiologique du Nord
Saint-Denis

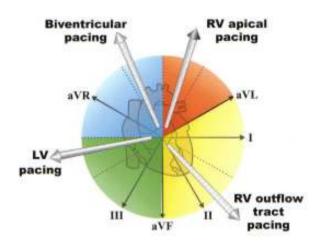
## Les modes de stimulation bases de temps

 « Toute la compréhension de l'électrocardiographie des stimulateurs cardiaques dépend de l'interprétation des intervalles de temps »

Seymour Furman

## Cardiac Pacemakers Step by Step

#### AN ILLUSTRATED GUIDE



\*\*\*

S. Serge Barold Roland X. Stroobandt Alfons F. Sinnaeve



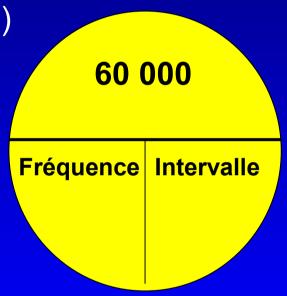
## Règle de Base Conversion Fréquence/Intervalle

Fréquence cardiaque (en battements par minute – bpm)

Intervalle entre 2 événements (ms)

• FC = 60 000/intervalle

Intervalle = 60 000/FC



# Principe général de fonctionnement d'un stimulateur cardiaque

- Un stimulateur cardiaque ne fonctionne pas à une fréquence donnée mais à intervalles donnés.
- Quand on dit qu'un stimulateur est réglé à 60/min, on fait un abus de langage. Cela signifie en fait que l'intervalle de stimulation est de 1000 ms.
- Si on souhaite accélérer la fréquence de stimulation, on programme par exemple 70/min, mais en réalité on raccourcit l'intervalle de stimulation de 1000 à 857 ms.
- 857 = 60 000/70.

## Différents stimulateurs cardiaques Différentes bases de temps

- Les différents modes de stimulation imposent des bases de temps différentes.
- Un stimulateur monochambre fonctionne sur une base de temps relativement simple, l'architecture temporelle devenant plus complexe pour les double-chambres, triples chambres et défibrillateurs.
- Connaître ces bases de temps permet d'optimiser la programmation du stimulateur cardiaque et surtout de comprendre des « anomalies » de l'électrocardiogramme.

#### Nomenclature des stimulateurs cardiaques

- Les 5 lettres (souvent réduites à 3 + 1)
- 1ère lettre: cavité stimulée: V, A, ou les Deux, O
- 2ème lettre: cavité détectée: V, A, ou les Deux, O
- 3<sup>ème</sup> lettre: réponse: Inhibé, Triggered, ou les Deux, O
- 4<sup>ème</sup> lettre: programmation: utilisée essentiellement pour l'asservissement: Rate-responsive
- 5<sup>ème</sup> lettre: fonctions spéciales

## Les modes simple chambre



AOO AAI AAT

> VOO VVI VVT

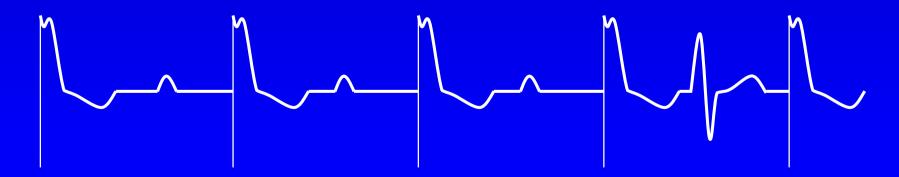


#### Modes Historiques VOO, AOO, DOO

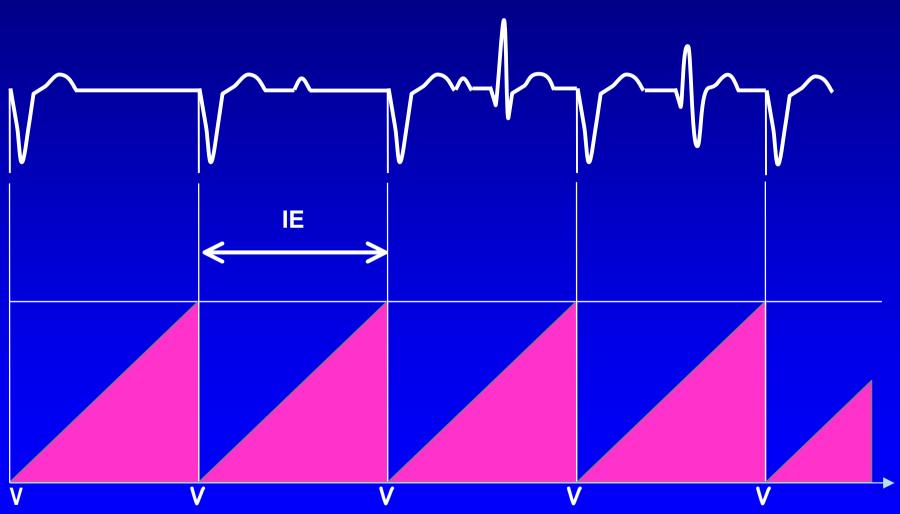
- Le premier stimulateur cardiaque implantable a été fabriqué en 1958.
- Un patient suédois d'une trentaine d'années avait un BAV III permanent syncopal. Il était promis à une mort précoce.
- L'ingénieur de l'hôpital a eu l'idée de fabriquer dans une boîte à cirage un stimulateur cardiaque implantable, branché sur une sonde épicardique. La longévité de ce premier boîtier a atteint 24 heures, le second 1 mois, ... et finalement le patient a vécu plus de 40 ans après une trentaine de boîtiers.

### Modes Historiques VOO, AOO, DOO

• Ces premiers stimulateurs étaient asynchrones, c'est-àdire qu'ils délivraient une stimulation sans être capables d'écouter l'activité spontanée.

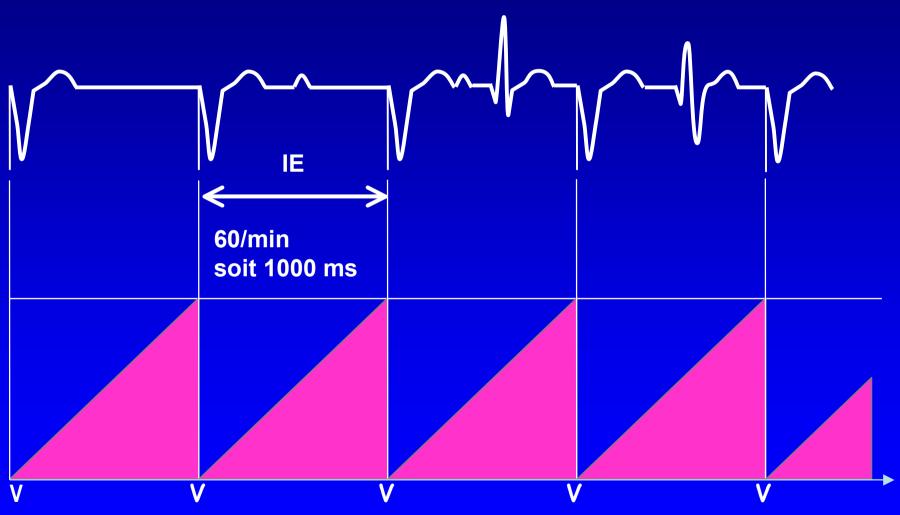


### Mode VOO



Xivite Coalle VV permanent, IE = Intervalle d'échappement

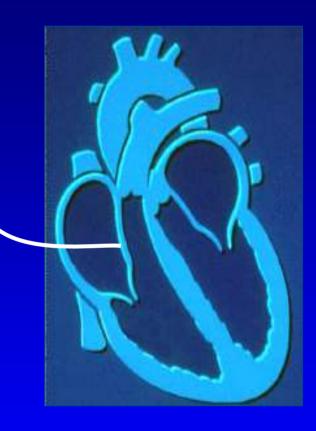
#### Mode VOO



Xivite Coalle VV permanent, IE = Intervalle d'échappement

## Mode AOO

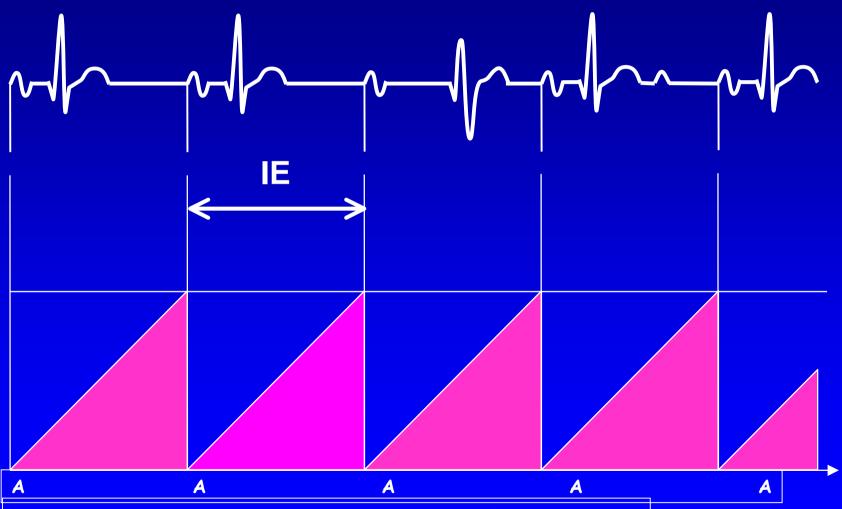






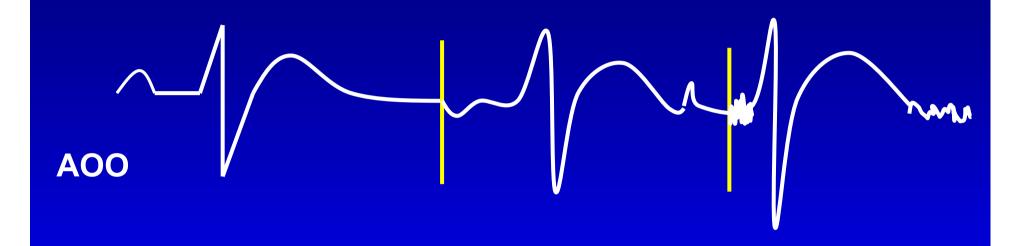
Xavier Copy DIU 2007

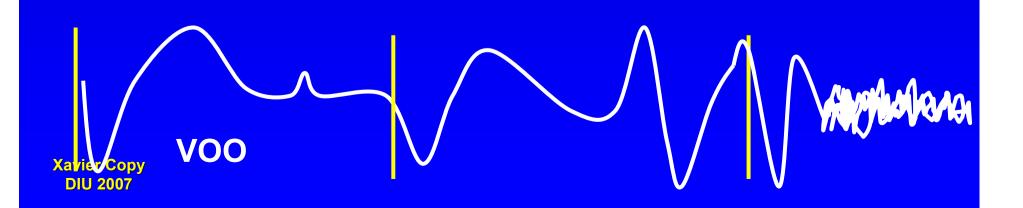
### Mode AOO



Xavielntervalle AA permanent, IE = Intervalle d'échappement

## Risques de la stimulation asynchrone

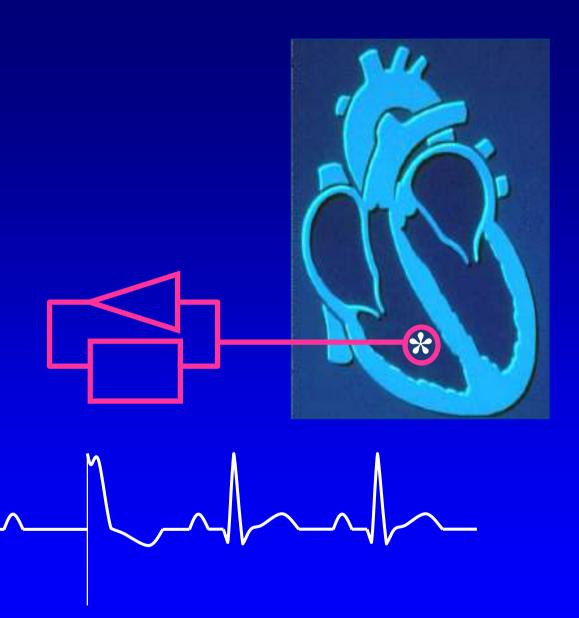




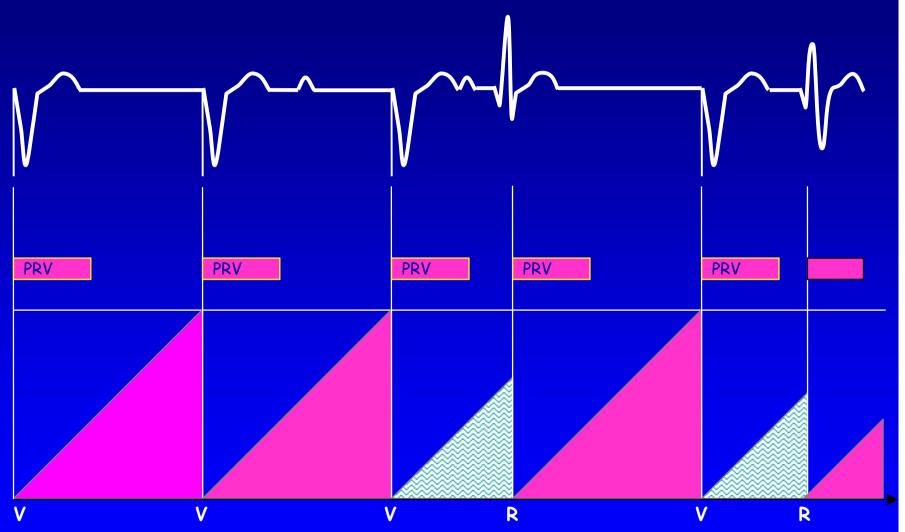
#### Modes inhibés monochambre VVI/AAI

- En mode VVI, la stimulation est inhibée par une détection dans la cavité ventriculaire.
- Mode de fonctionnement dit en sentinelle
- Quand une activité est détectée, l'intervalle d'échappement est interrompu et se recycle sur l'événement détecté

## Mode VVI

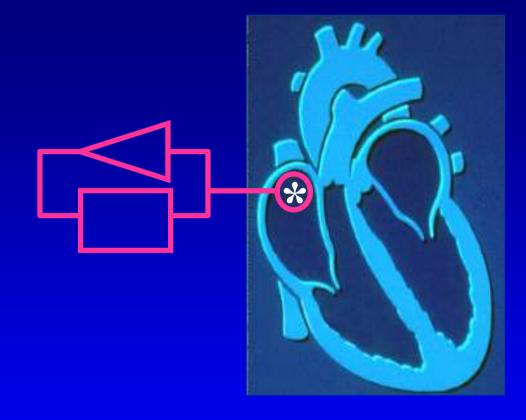






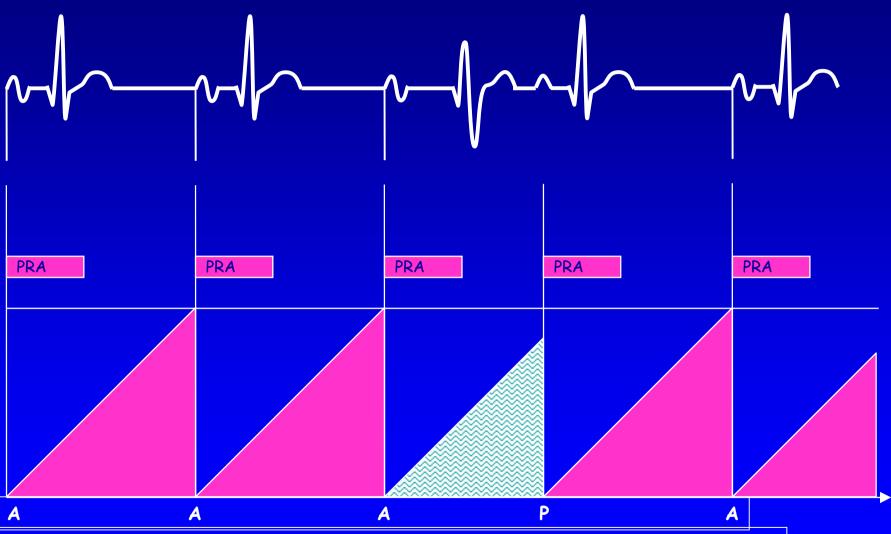
IE = intervalle d'échappement, PRV = période réfractaire ventriculaire
Xavier Copy
DIU 2007

## Mode AAI





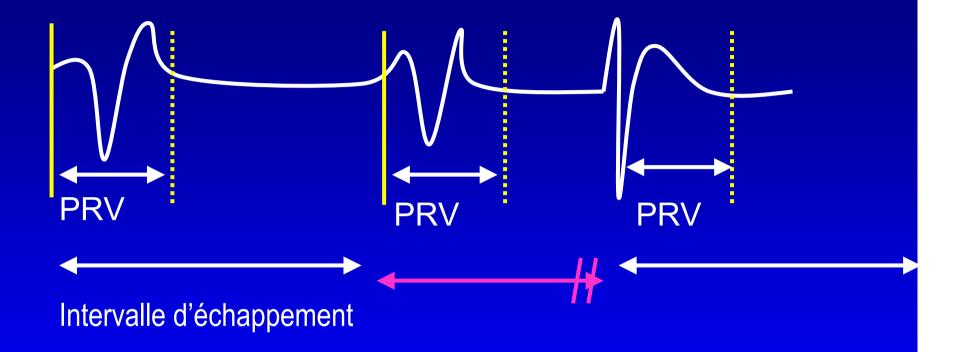




Xavie LEOFy intervalle d'échappement, PRA = période réfractaire auriculaire

- Intervalle de temps après stimulation ou détection durant lequel un signal détecté n'est pas pris en compte pour le fonctionnement du stimulateur
- Elle est constituée d'une période réfractaire absolue et d'une période réfractaire relative réinitialisable

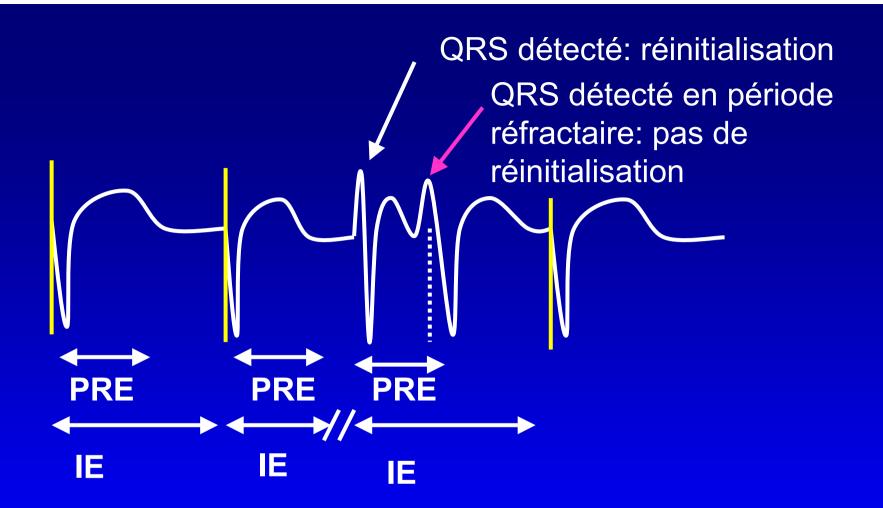
Absolue Relative



- Après chaque stimulation ou chaque détection une période réfractaire est initiée.
- •Généralement, la période réfractaire est égale en stimulation ou en détection

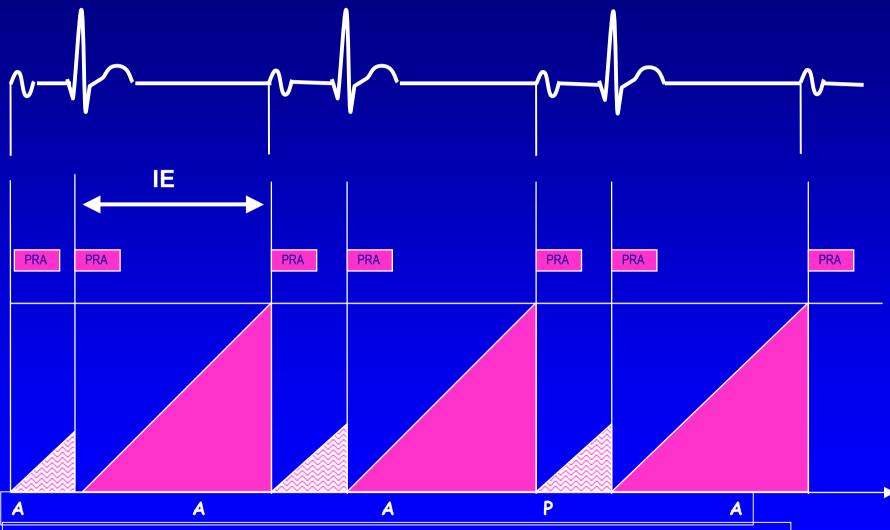
Xavier Copy DIU 2007

- L'intérêt d'une période réfractaire est d'éviter des surdétections comme:
  - Le stimulus lui-même
  - Le QRS stimulé
  - L'onde T
  - Un post-potentiel sur l'électrode
  - Une combinaison d'un post-potentiel et d'une onde T

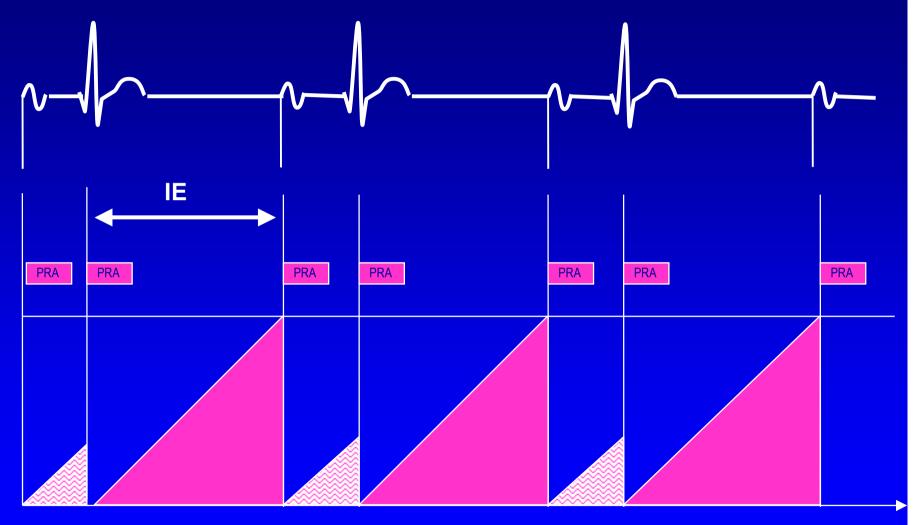


- Une période réfractaire est généralement constituée d'une période réfractaire absolue (blanking) et d'une période réfractaire relative.
- Toutes les périodes réfractaires débutent avec un blanking, mais ne sont pas toujours suivie d'une période réfractaire relative.
- Pendant la période de blanking, il n'y a aucune détection dans la cavité considérée.
- En période réfractaire relative, le signal peut être détecté mais ce signal n'est pas utilisé pour réinitialiser le cycle.

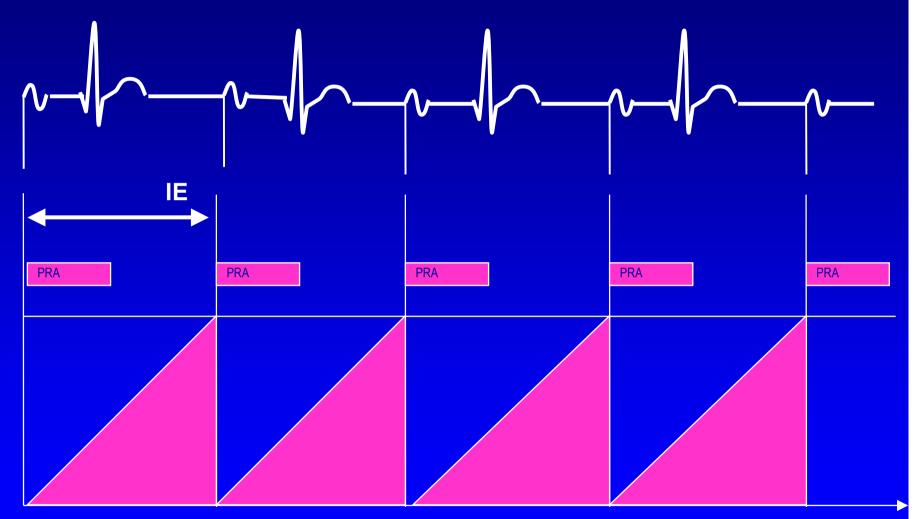
- En mode AAI, la détection des QRS par le canal atrial est fréquent (les potentiels atriaux sont de l'ordre de 1 mV 0.5 à 5 mV, alors que les potentiels ventriculaires sont de l'ordre de 10 mV 5 à 30 mV). La détection atriale impose donc de régler une sensibilité élevée (0.25 à 1 mV). Il est donc fréquent de détecter sur le canal atrial des potentiels ventriculaires (far field).
- Pour éviter la détection du QRS par le canal atrial, il faut programmer une période réfractaire longue « couvrant » le QRS (souvent supérieure à 400 ms) alors qu'en mode VVI, la période réfractaire doit couvrir l'onde T.



Xaviel Eopy intervalle d'échappement, PRA = période réfractaire auriculaire



Xavier Copy 1000 ms, PR 300 ms, fréquence réelle 60 000 /1300 = 46/min

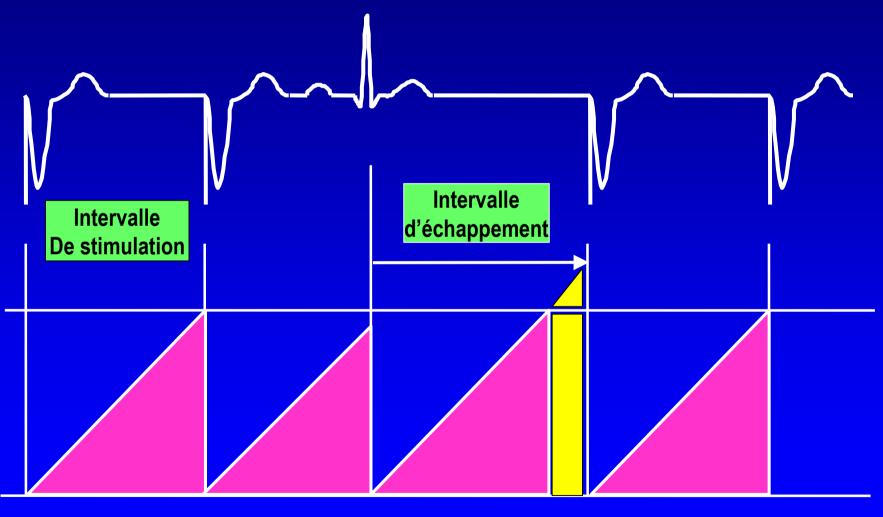


L'allongement de la période réfractaire rétablit une fréquence cardiaque normale

## Hystérésis

- Définition: n.f.
  - dérivé du grec « husterein » être en retard, rester en arrière
  - Physique: retard d'un effet dans le comportement des corps soumis à une action croissante puis décroissante
  - Retard d'une réaction

## Hystérésis



Xavier Copy DIU 2007 Intervalle d'échappement > Intervalle de stimulation

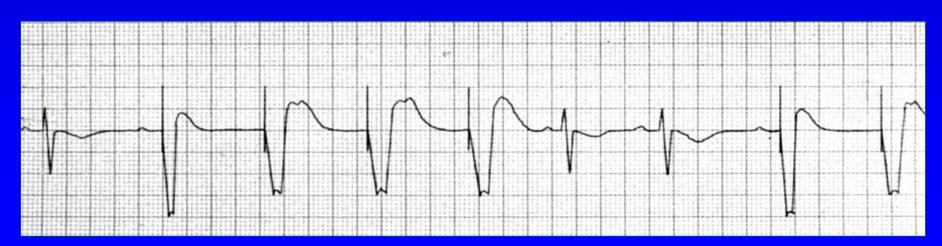
## Hystérésis de fréquence

#### Avantages:

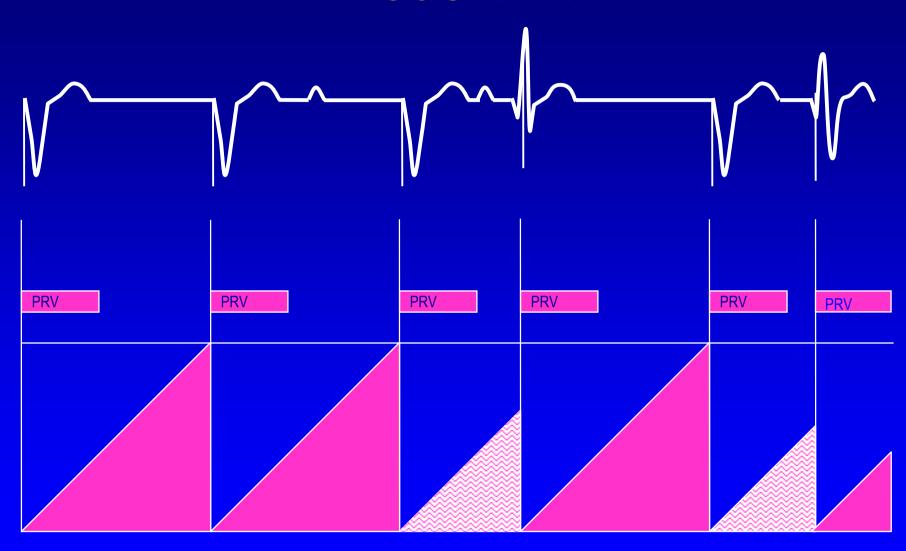
- Favorise le rythme spontané (FA ++)
- Économie du générateur d'impulsion

#### Inconvénients:

- Réalise une alternance de cycles longs et de cycles courts (arythmogène)
- Bradycardie relative possible



## Mode VVT



Xavier Copy DIU 2007

#### Mode VVT

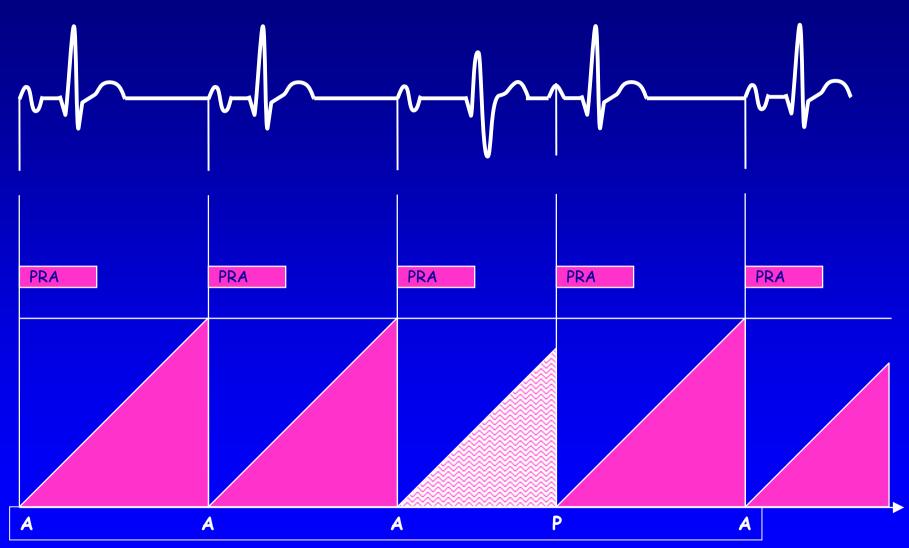
#### Intérêts du mode VVT

- En mode temporaire, permet de tester la sensibilité
- Évite les inhibitions du stimulateur cardiaque en cas de risque d'interférence
- Par exemple, une inhibition du stimulateur cardiaque par des myopotentiels sur une sonde unipolaire peut être corrigée par une programmation en VVT.
- Une alternative serait de programmer une plus faible sensibilité, mais cette option n'est pas toujours possible si des QRS spontanés (exemple ESV) ne sont pas ou sont mal détectés.

#### Inconvénients

- Consommation inutile lors des QRS spontanés
- Accélération de la fréquence cardiaque sur les interférences (régler une période réfractaire longue).

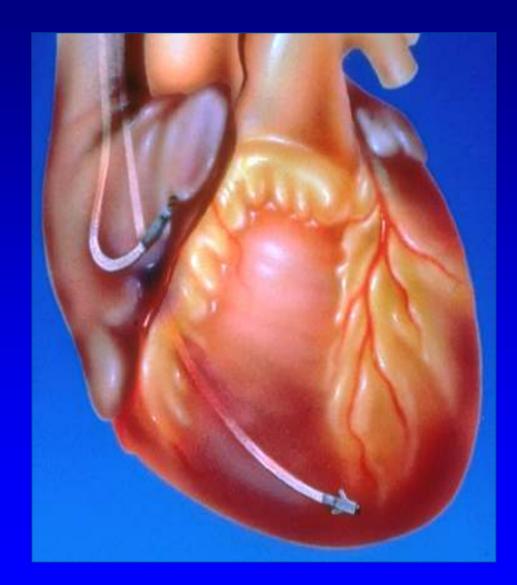




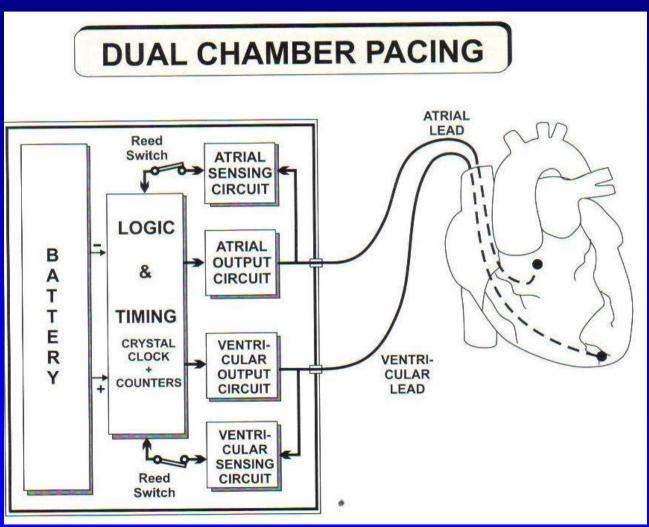
Xavier Copy DIU 2007

## Les modes double-chambre

VAT
VDD
DOO
DVI
DDI
DDD

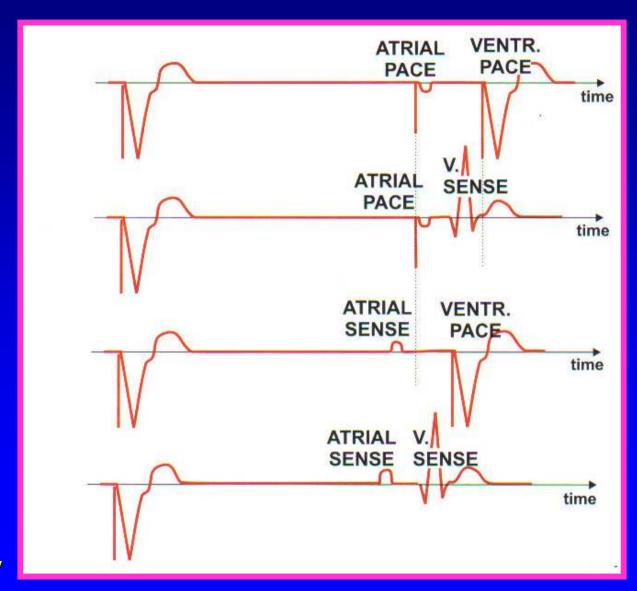


#### Organigramme d'un stimulateur DDD



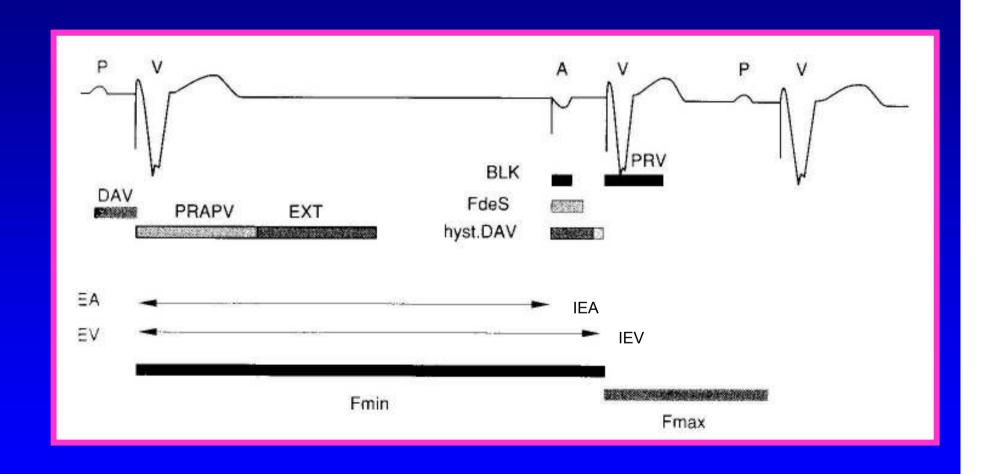
Xavier Copy DIU 2007

#### Différents fonctionnements du DDD



Xavier Copy DIU 2007

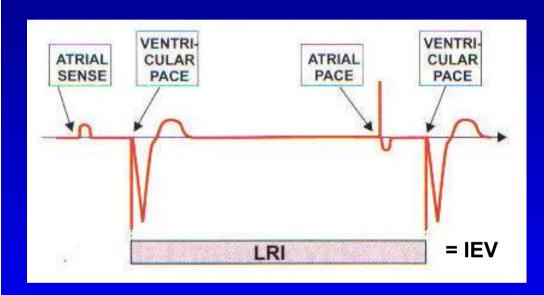
#### Les cycles du DDD



#### Les 4 cycles de base d'un DDD

- 1) Intervalle échappement ventriculaire IEV
  - (LRI = Lower Rate Interval)
- 2) Période réfractaire ventriculaire PRV
  - (VRP = Ventricular Refractory Period)
- 3) Délai atrio-ventriculaire DAV
  - (AVI = Atrio Ventricular Interval)
- 4) Période réfractaire atriale post-ventriculaire PRAPV
  - (PVARP = Post Ventricular Atrial Refractory Period)

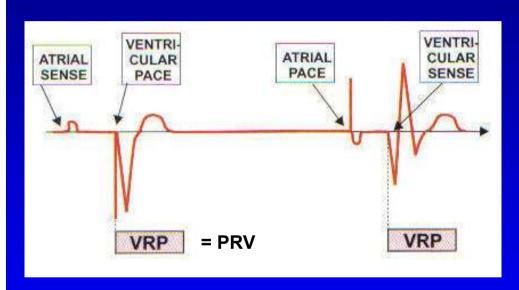
# Intervalle échappement ventriculaire – IEV (LRI = Lower Rate Interval)



 Plus long intervalle entre un événement ventriculaire stimulé ou détecté et la stimulation ventriculaire suivante, sans détection ventriculaire entre les deux



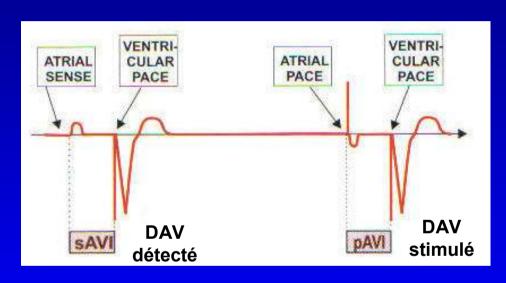
# Période réfractaire ventriculaire – PRV (VRP = Ventricular Refractory Period)



 Intervalle déclenché par un événement ventriculaire – stimulé ou détecté – pendant lequel un nouvel intervalle d'échappement ventriculaire ne peut être débuté



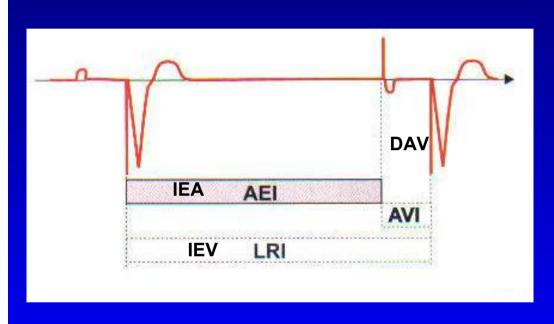
#### Délai atrio-ventriculaire – DAV (AVI = Atrio Ventricular Interval)



 Intervalle entre un événement atrial – stimulé ou détecté – et la stimulation ventriculaire programmée

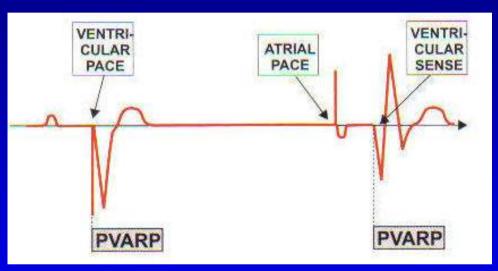


# Cycle dérivé IEA Intervalle d'Échappement Atrial AEI Atrial Escape Interval

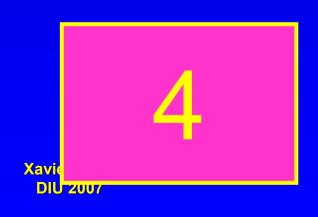


- IEA = IEV DAV
- L'intervalle
   d'échappement atrial
   est l'intervalle entre un
   événement
   ventriculaire stimulé
   ou détecté et la
   stimulation atriale
   suivante, s'il n'y a pas
   de détection
   intercurrente

#### Période réfractaire atriale post-ventriculaire – PRAPV PVARP = Post Ventricular Atrial Refractory Period

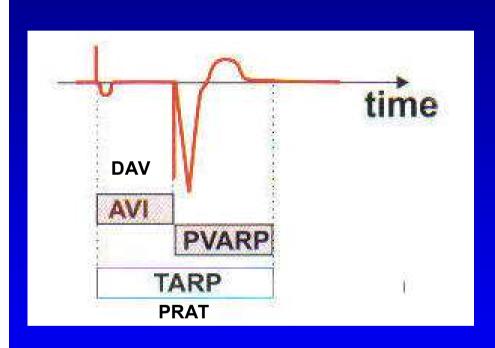


 Intervalle après un événement ventriculaire – stimulé ou détecté – pendant lequel un événement atrial ne peut déclencher de DAV



- Évite la détection inappropriée d'un événement ventriculaire par le canal atrial
- Évite la détection d'ondes P rétrogrades

# Cycle dérivé PRAT Période Réfractaire Atriale Totale TARP Total Atrial Refractory Period

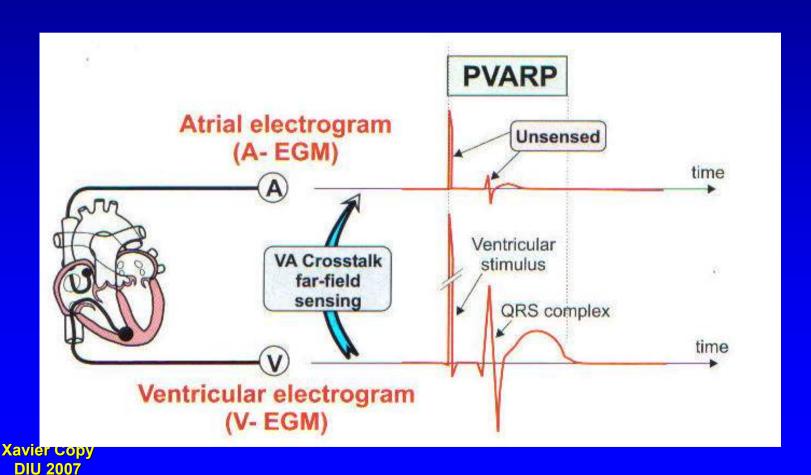


#### PRAT = DAV + PRAPV

 Quand l'intervalle entre 2 ondes P consécutives devient plus court que la PRAT, le suivi des ondes P devient impossible. Une onde P sur 2 tombe alors dans la PRAPV et ne peut initier un délai AV. Le stimulateur fonctionne alors en 2:1. La PRAT détermine alors la fréquence cardiaque maximale.

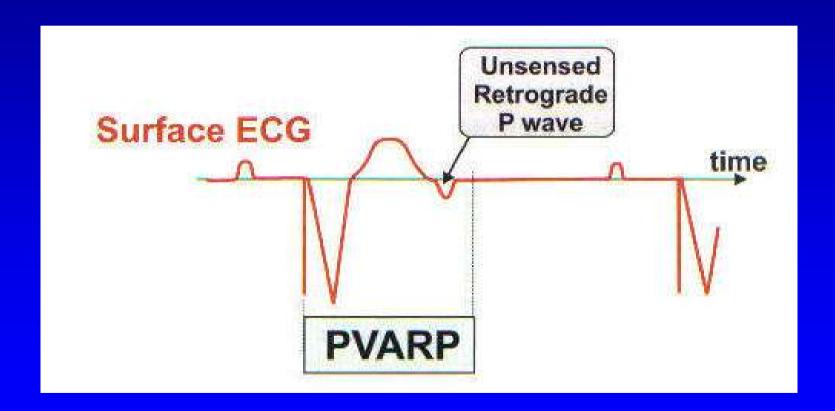
#### Fonction de la PRAPV - 1

 Éviter la détection inappropriée d'événements ventriculaires par le canal atrial (Stimulation, QRS, onde T)

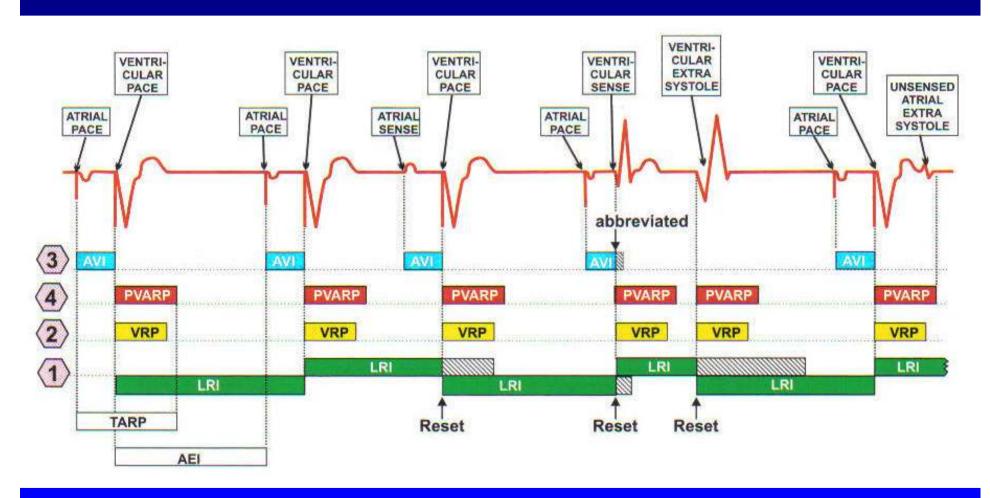


#### Fonction de la PRAPV - 2

Éviter la détection d'ondes P rétrogrades

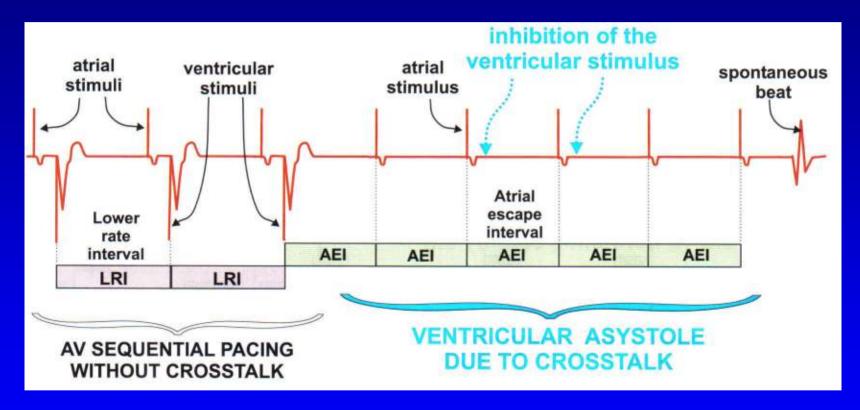


# Fonctionnement d'un stimulateur cardiaque avec les 4 cycles de base



#### Écoute croisée auriculo-ventriculaire

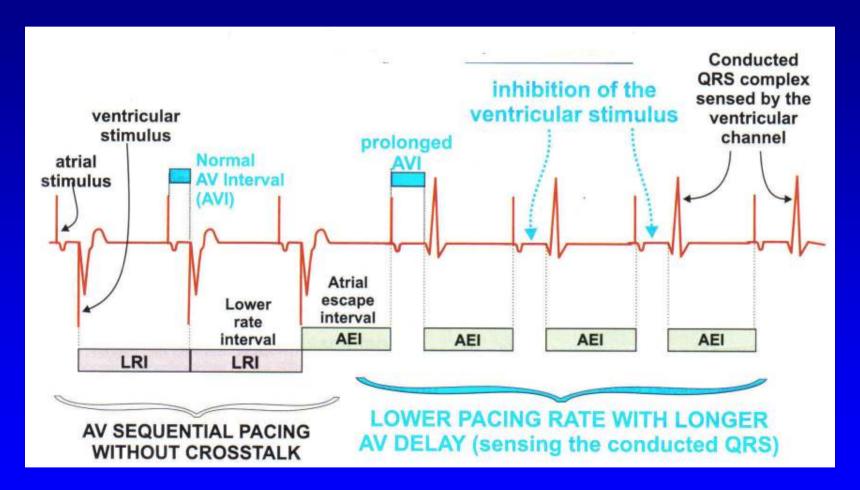
Détection du stimulus atrial par le canal ventriculaire



Cross-talk AV chez un patient en BAV complet.

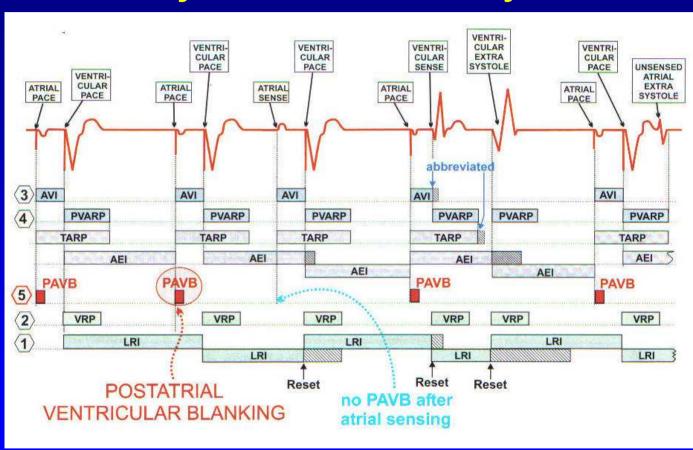
#### Écoute croisée auriculo-ventriculaire

Détection du stimulus atrial par le canal ventriculaire



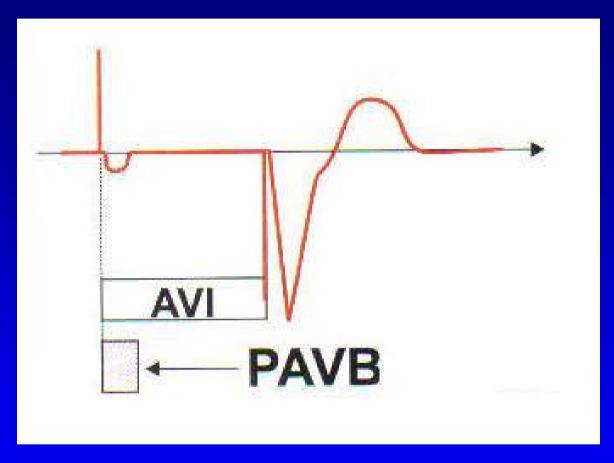
Cross-talk AV chez un patient ayant un BAV I.

# Prévention de l'écoute croisée AV par l'ajout d'un 5<sup>ème</sup> cycle



 Blanking ventriculaire post-atrial = bref intervalle (10 à 60 ms) après une stimulation atriale pendant lequel le canal ventriculaire n'écoute

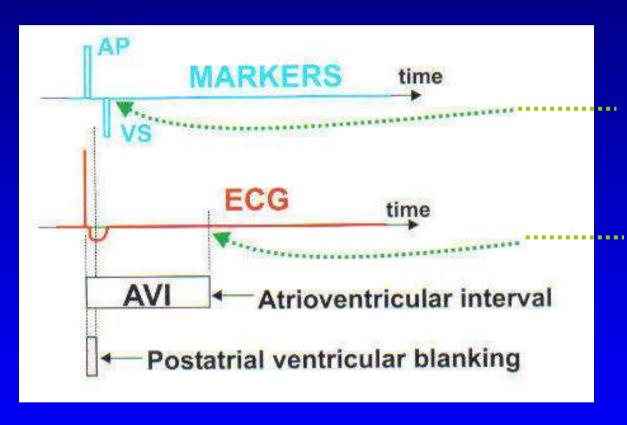
#### Blanking ventriculaire post-atrial



 Bref intervalle ventriculaire déclenché par une stimulation atriale pendant lequel la détection ventriculaire est inhibée. Évite le cross-talk AV (détection du spike atrial par le canal ventriculaire).

**DIU 2007** 

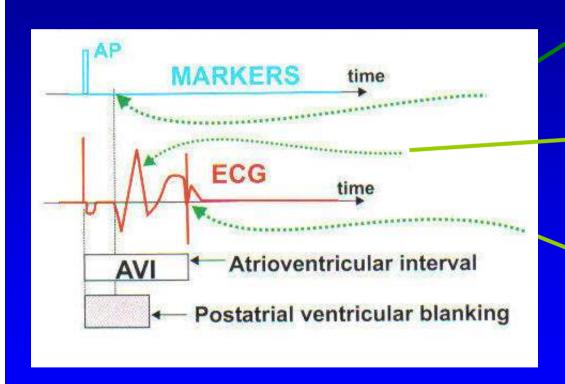
# Si ce blanking ventriculaire post-atrial est trop court : Surdétection



Crosstalk: détection du spike atrial par le canal ventriculaire

Inhibition de la stimulation ventriculaire

# Si ce blanking ventriculaire post-atrial est trop long : Sous-détection



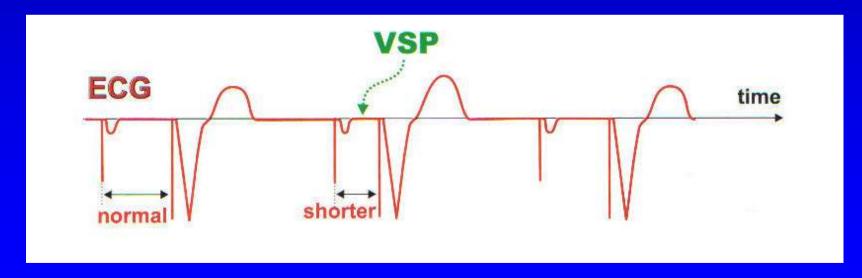
Pas de détection d'une ESV pendant le blanking ventriculaire post-atrial

ESV, et non un complexe ventriculaire conduit après l'oreillette stimulée

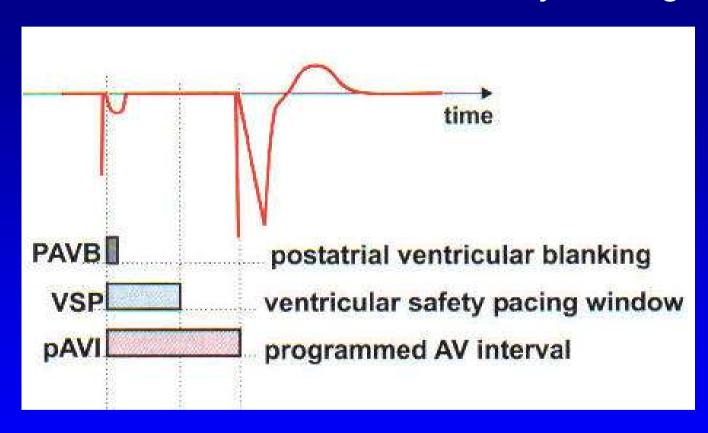
Stimulation ventriculaire dangereuse sur l'onde T

#### Stimulation ventriculaire de sécurité L'ajout d'un 6ème cycle - La Fenêtre de Sécurité VSP = Ventricular Safety Pacing

 La fenêtre de sécurité, qui démarre après le blanking atrial post-ventriculaire, permet d'éviter les conséquences d'un crosstalk AV.

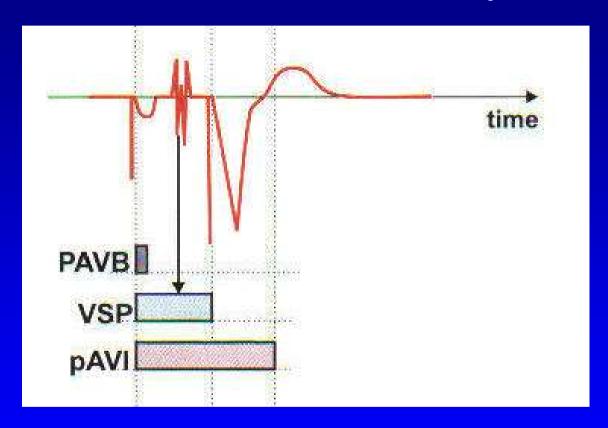


# La Fenêtre de Sécurité VSP = Ventricular Safety Pacing



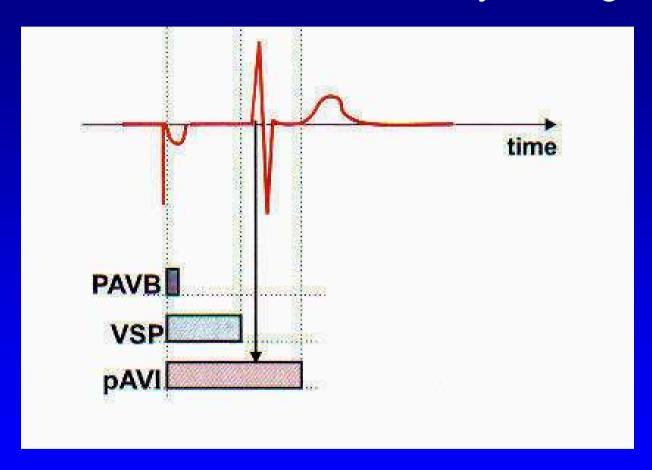
Pas de conduction spontanée, pas de crosstalk, pas d'interférence :
 Stimulation à la fin du délai auriculo-ventriculaire programmé

# La Fenêtre de Sécurité VSP = Ventricular Safety Pacing



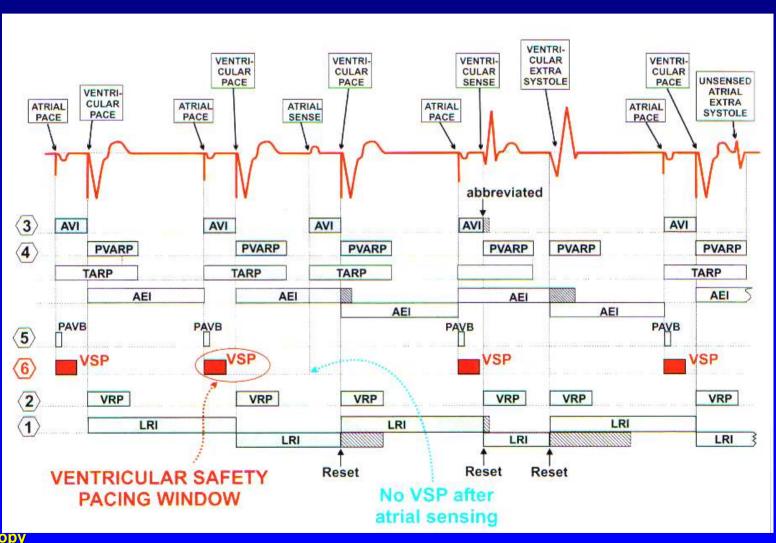
 Interférence ou QRS prématuré détecté pendant la fenêtre de sécurité (après la période de blanking): Stimulation forcée à la fin de la fenêtre de sécurité avec un intervalle AV court caractéristique.

### La Fenêtre de Sécurité VSP = Ventricular Safety Pacing

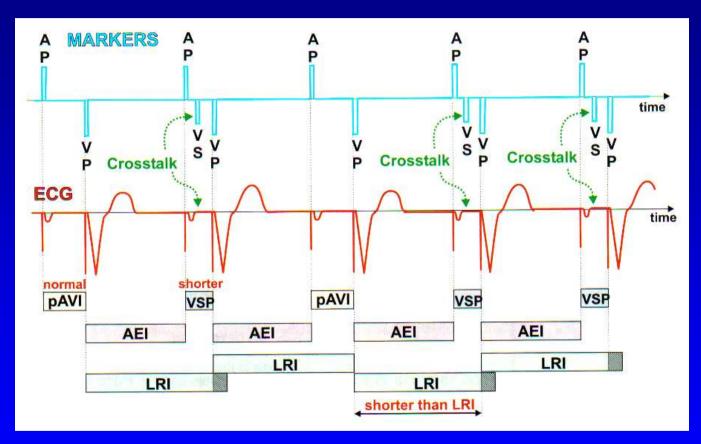


 Inhibition normal du canal ventriculaire par un QRS spontané conduit, détecté pendant le DAV programmé après la fenêtre de sécurité.

#### L'ajout d'un 6ème cycle - La Fenêtre de Sécurité VSP = Ventricular Safety Pacing



#### Conséquences ECG de la stimulation en fenêtre de sécurité

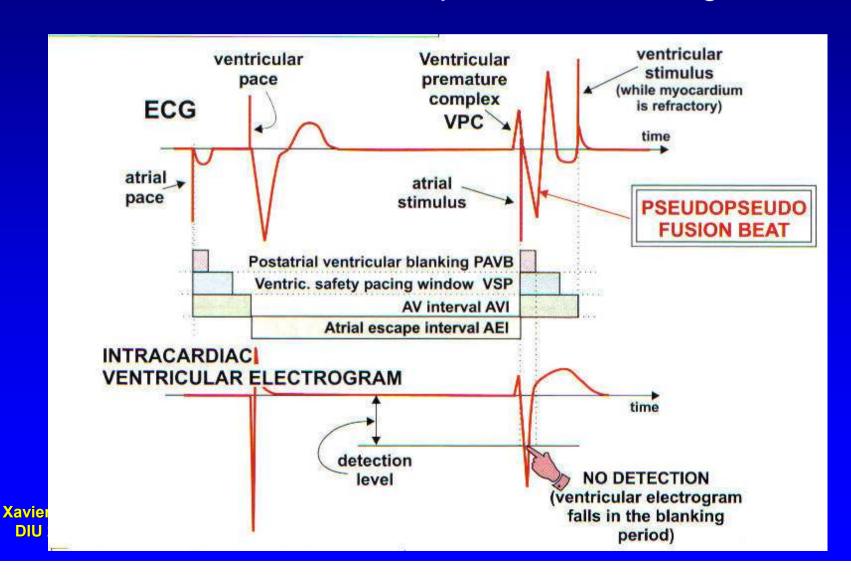


- Le délai AV est plus court prévu
- L'intervalle entre deux stimulations ventriculaires est plus

Xaveourt que prévu

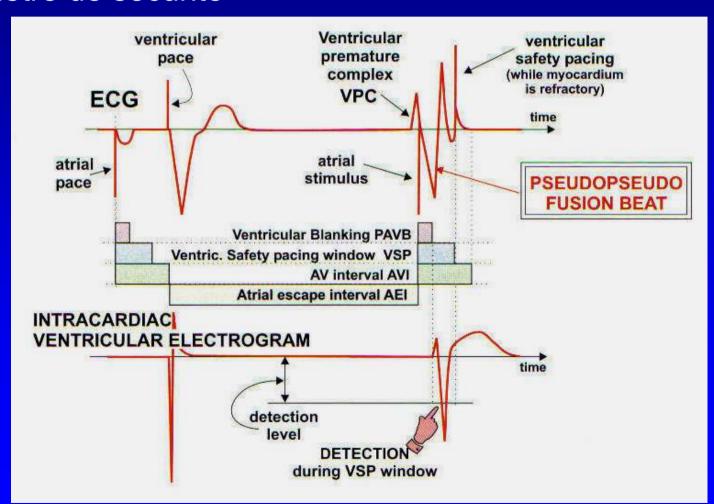
#### fenêtre de sécurité et ESV

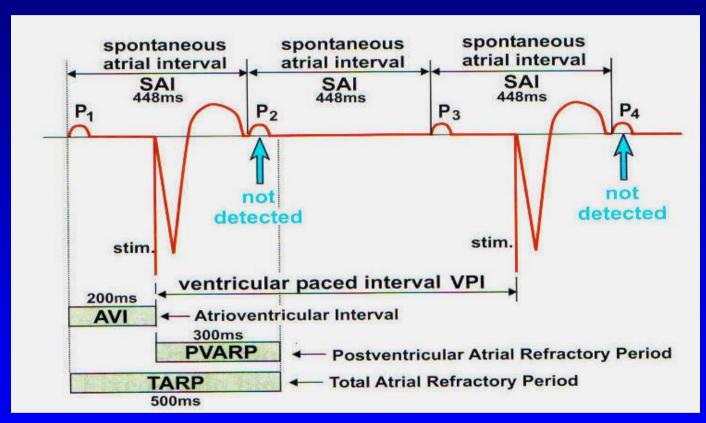
QRS non détecté, dans la période de blanking



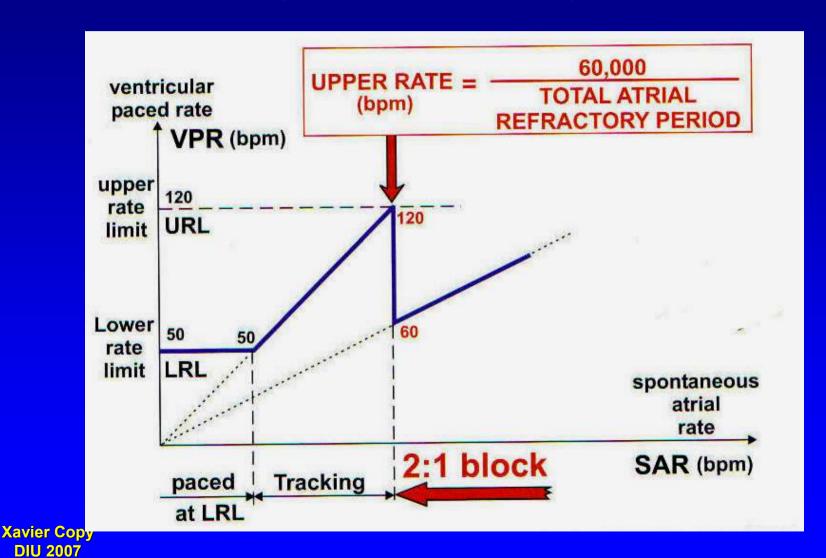
#### fenêtre de sécurité et ESV

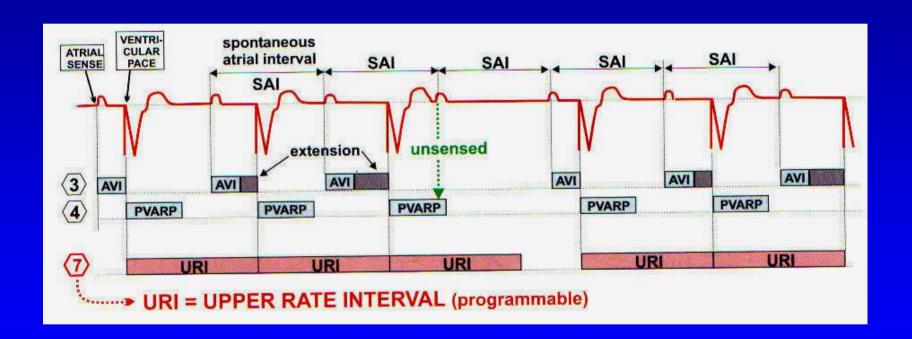
 QRS détecté, après la période de blanking, dans la fenêtre de sécurité



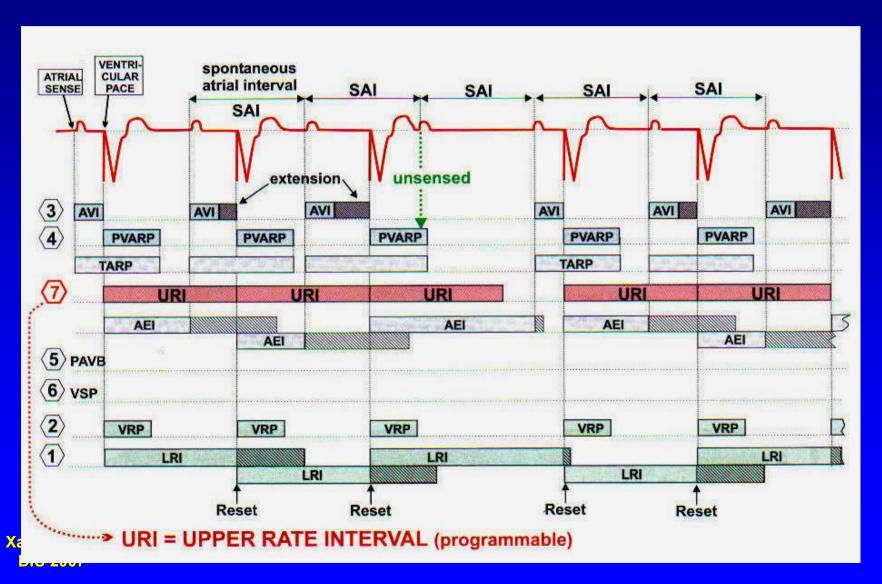


• Sans un 7ème cycle, la fréquence maximale de suivi des ondes P est déterminée par la PRAT.

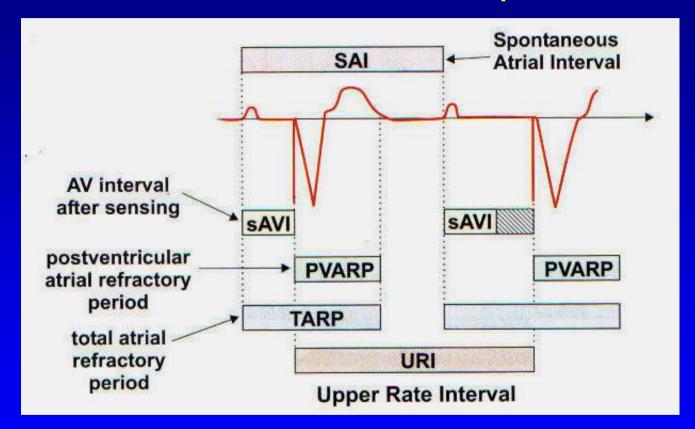




URI ou fréquence maximale de synchronisation Permet un fonctionnement en Wenckebach du stimulateur cardiaque



### Comment obtenir un fonctionnement en Wenckebach à la fréquence maximale ?



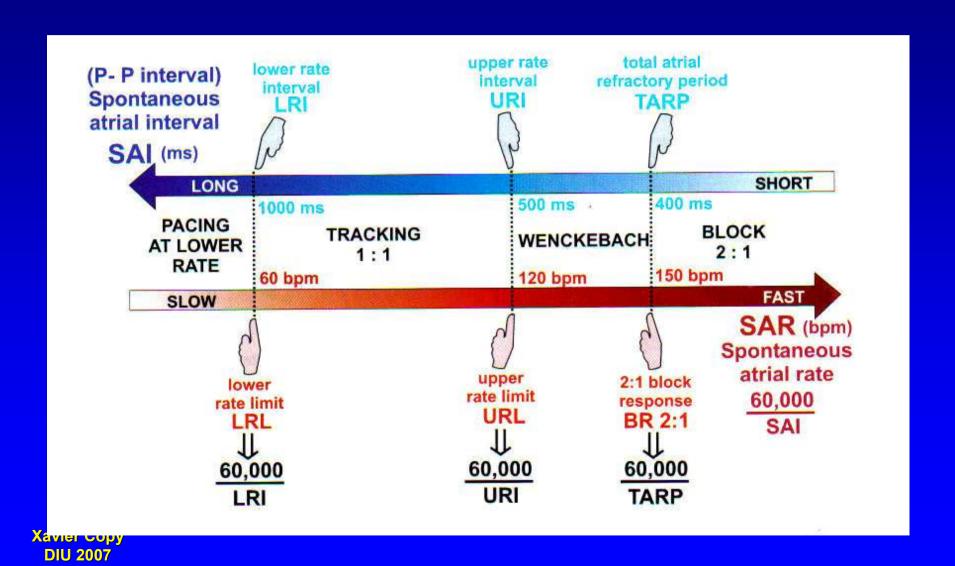
Pour obtenir un fonctionnement en Wenckebach à la fréquence maximale, il faut que l'intervalle de la fréquence maximale soit plus long que la période réfractaire atriale totale.

**DIU 2007** 

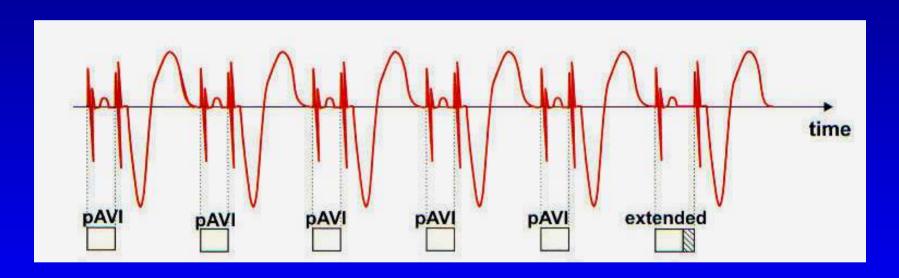
### Comment obtenir un fonctionnement en Wenckebach à la fréquence maximale ?

- Une PRAT (période réfractaire atriale totale) plus courte permet d'augmenter le point de 2/1, et en conséquence permet de régler une fréquence maximale plus élevée (pour laquelle un fonctionnement en Wenckebach débute).
  - 1. Programmer un DAV (en détection) plus court
  - 2. Raccourcir le DAV avec l'augmentation de la fréquence sinusale
  - 3. Programmer une PRAPV (période réfractaire atriale postventriculaire)
  - 4. Programmer une PRAPV adaptable à l'exercice

#### Fréquence de base – Fréquences max

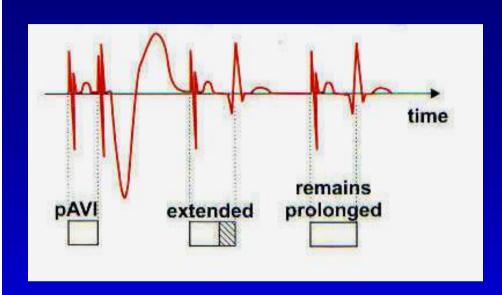


#### Hystérésis du DAV



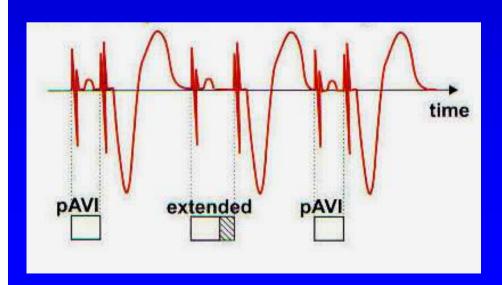
Après un nombre déterminé de cycles avec une stimulation ventriculaire, le délai AV est allongé sur un cycle pour rechercher une conduction AV spontanée.

#### Hystérésis du DAV



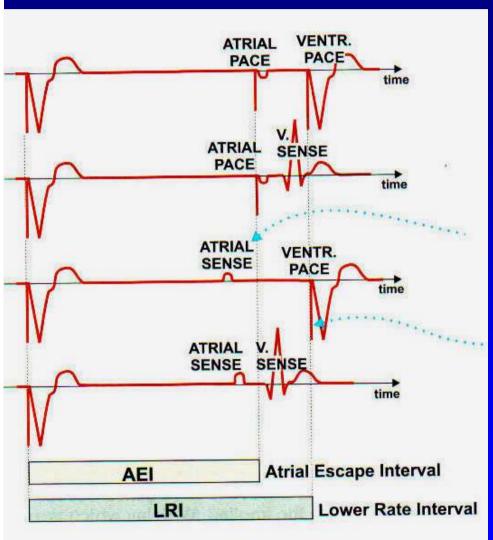
Après cet allongement du DAV,

- Soit un complexe ventriculaire spontané est détecté et le délai AV reste allongé.



- Soit, il n'y a pas de détection de complexe ventriculaire spontané et le délai AV revient à sa valeur programmée.
- -Cette séquence est répétée à intervalle réguliers.

### Le Mode DDI



En DDI, il n'y a pas de DAV déclenché.

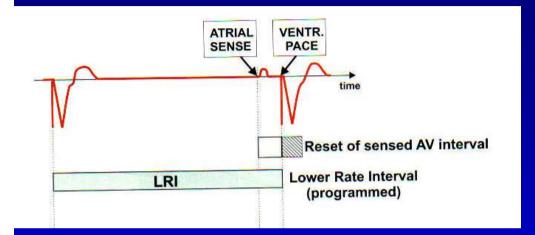
Une activité atriale détectée inhibe la stimulation atriale mais ne déclenche pas de DAV

### VENTR. SENSE ATRIAL SENSE time ATRIAL VENTR. SENSE PACE sAVI Sensed AV interval No atrial VENTR. stimulation PACE VENTR. SENSE VENTR. ATRIAL PACE SENSE time Reset of sensed AV interval LRI Lower Rate Interval (programmed)

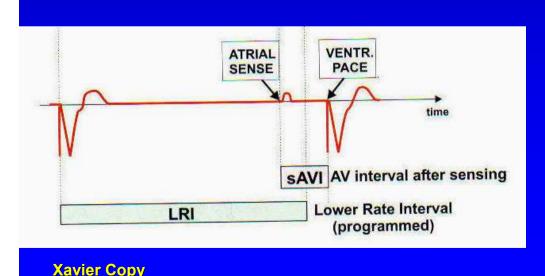
### Mode VDD

Pas de stimulation atriale et donc pas de cross-talk AV. Il n'y a donc pas de blanking ventriculaire post-atrial, ni fenêtre de sécurité

### VDD: 2 modes de fonctionnement



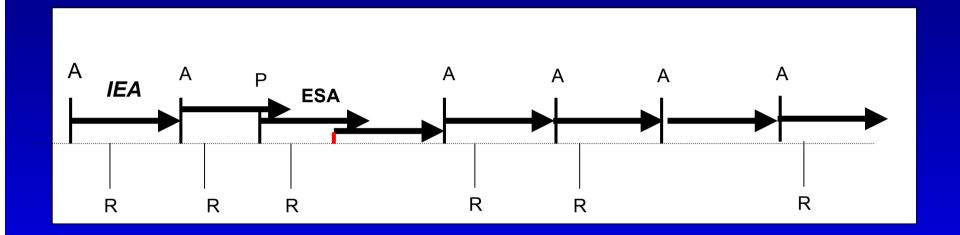
La fréquence minimale prédomine. En rythme sinusal lent, la stimulation ventriculaire survient à la fin de l'intervalle d'échappement, sans attendre la fin du DAV programmé



**DIU 2007** 

Le DAV prédomine. La détection d'une onde P à la fin de l'intervalle d'échappement impose le respect du DAV et un allongement de l'intervalle entre 2 complexes ventriculaires stimulés. Ponctuellement, la fréquence de stimulation ventriculaire peut être inférieure à la fréquence minimale programmée.

### AAI-SafeR



- Fonctionne comme un AAI
  - Pas de DAV déclenché
  - Intervalle d'échappement auriculaire (IEA) sur les événements auriculaires: oreillettes stimulées, ondes P détectées, ESA

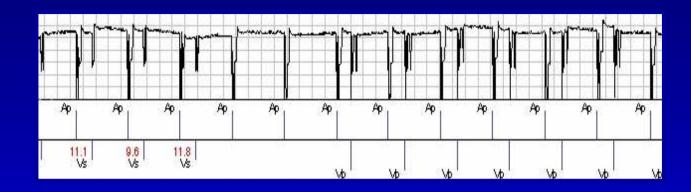
### AAISafe-R Vraie détection DDD



Détection améliorée des ESA

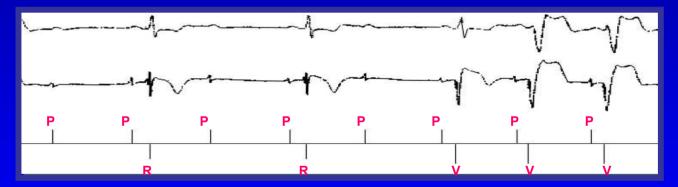
Diminution du risque de Far-field V

### Commutation temporaire en DDD



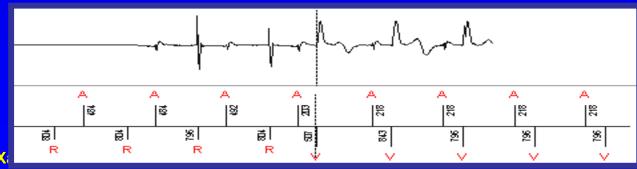
### **BAV III**

2 ondes P bloquées consécutives



### **BAV II**

3/12 ondes P bloquées

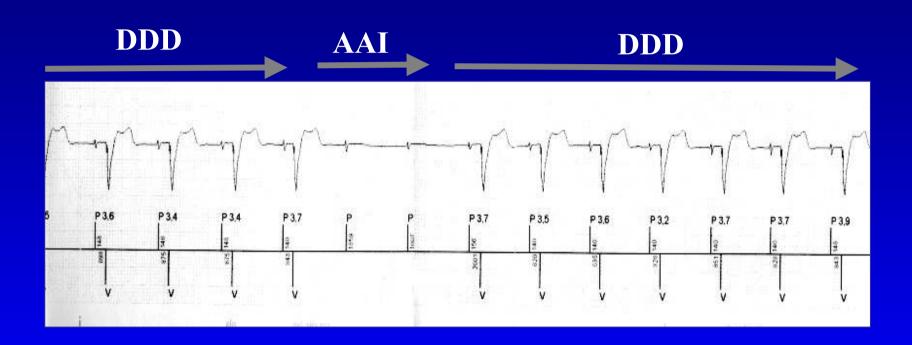


### BAV I

7 PR longs

**DIU 2007** 

### Retour en AAI



- Après 12 ondes R consécutives en DDD
- Après 100 cycles en stimulation ventriculaire

## Insuffisance chronotrope

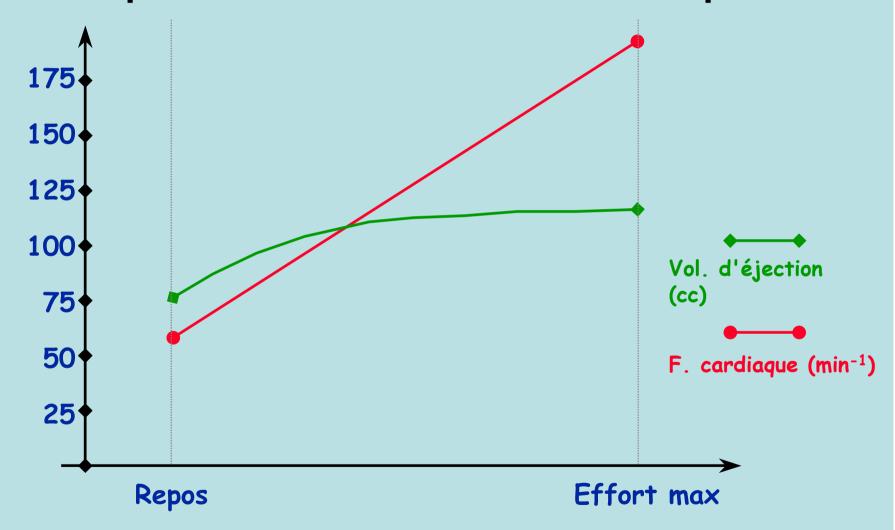
- Augmentation insuffisante de la cadence ventriculaire à l'effort :
  - spontanée
  - en rapport avec la prise d'un traitement bradycardisant

# Contribution de la FC au débit cardiaque

 $Q = VES \times FC$ 

- A l'effort, le débit peut être quadruplé:
  - VES: augmentation de 150 à 200%
  - FC: accélération jusqu'à 300%

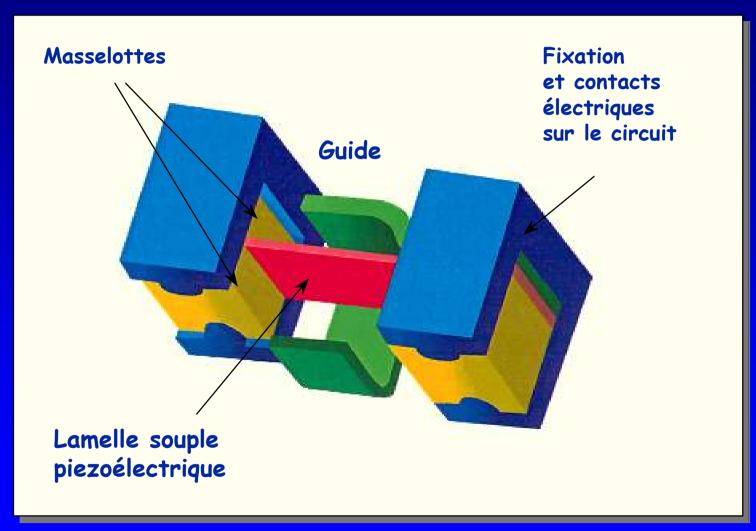
## Fréquence et débit cardiaques



## Réglage des paramètres d'asservissement

En pratique

## Capteur Omnisense™



## Les paramètres-clés

Il existe 4 paramètres à régler :

- le seuil
- la pente
- le temps de réponse
- le temps de récupération

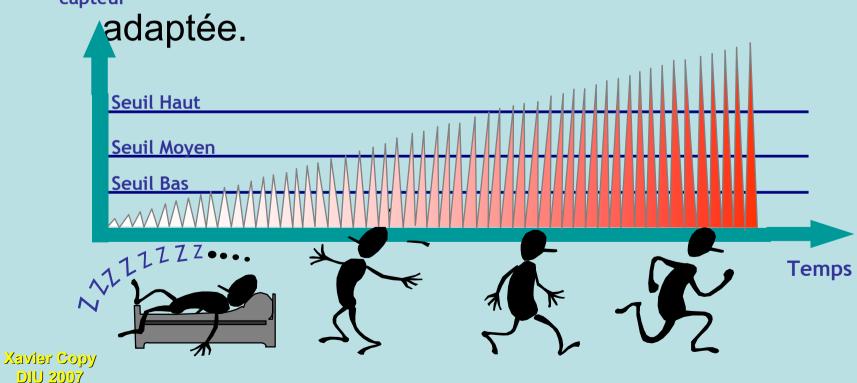
## Le seuil

•C'est le <u>niveau capteur minimum</u> à partir duquel la fréquence de stimulation est adaptée.

### Le seuil

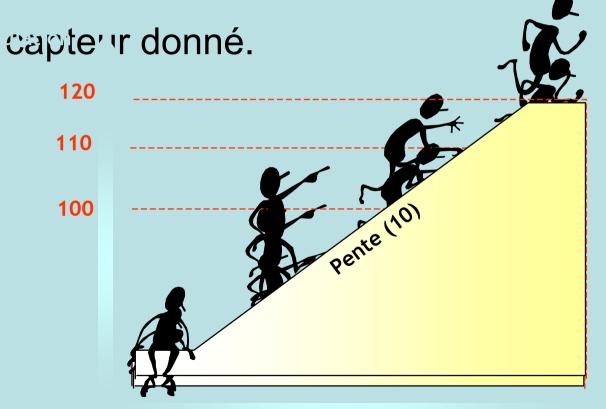
• C'est le <u>niveau capteur minimum</u> à partir

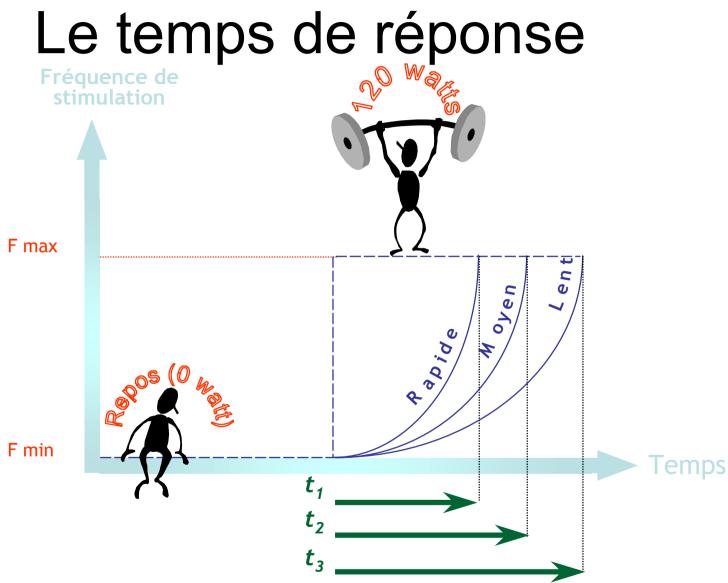
duquel la fréquence de stimulation est

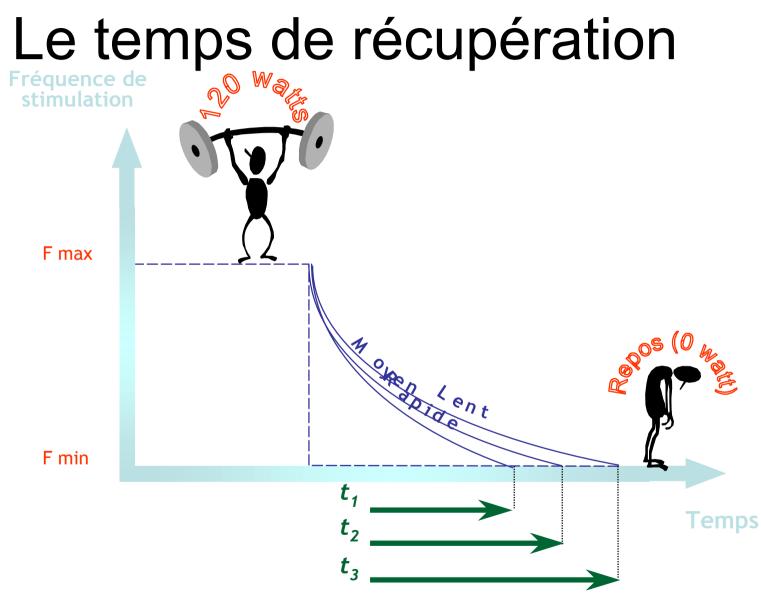


## La pente

 C'est le facteur qui permet d'associer une fréquence de stimulation à un niveau







## Réglage du seuil et de la pente

Seuil et pente programmables :

- en manuel
- en mode automatique

## Conclusion

Bon courage

