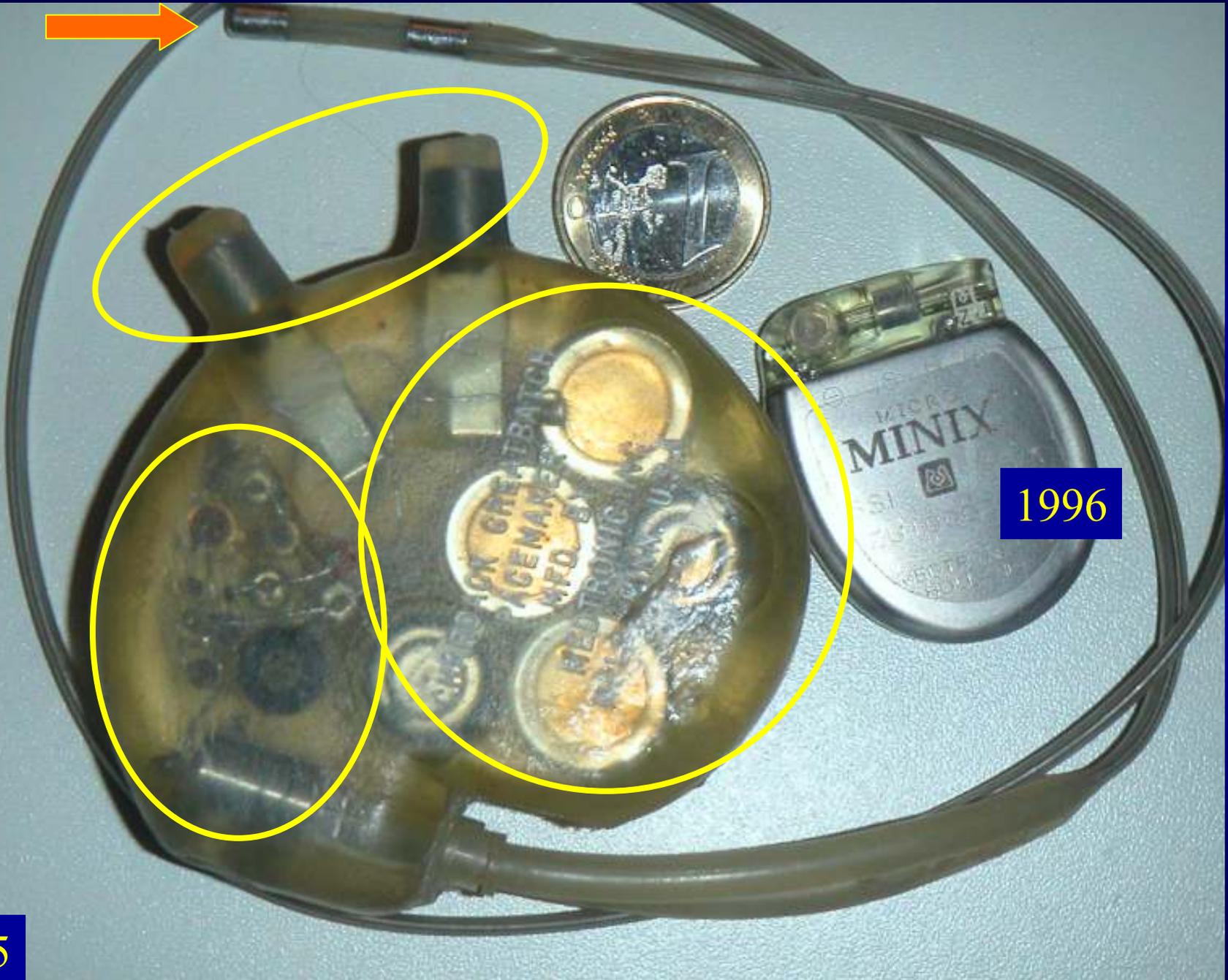


Technologie, fonctions et signes d'épuisement des stimulateurs

Robert FRANK



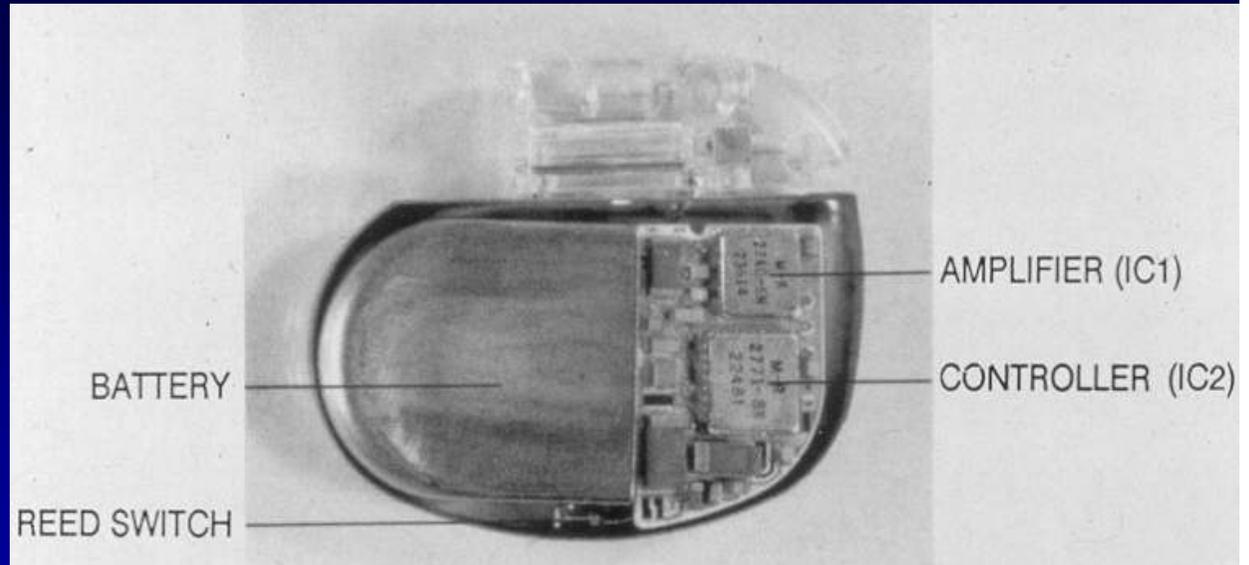


1996

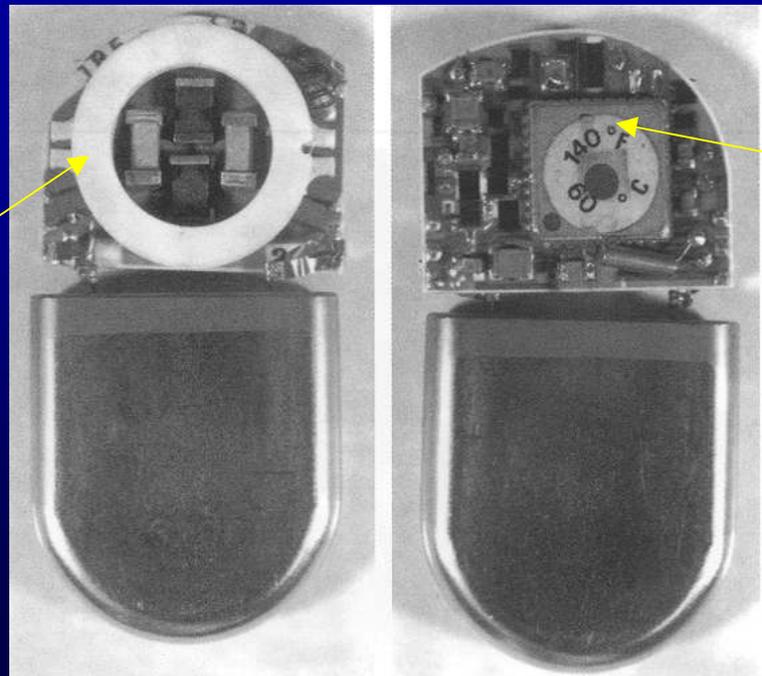
1965
DIU 2007

1980

Circuits c mos



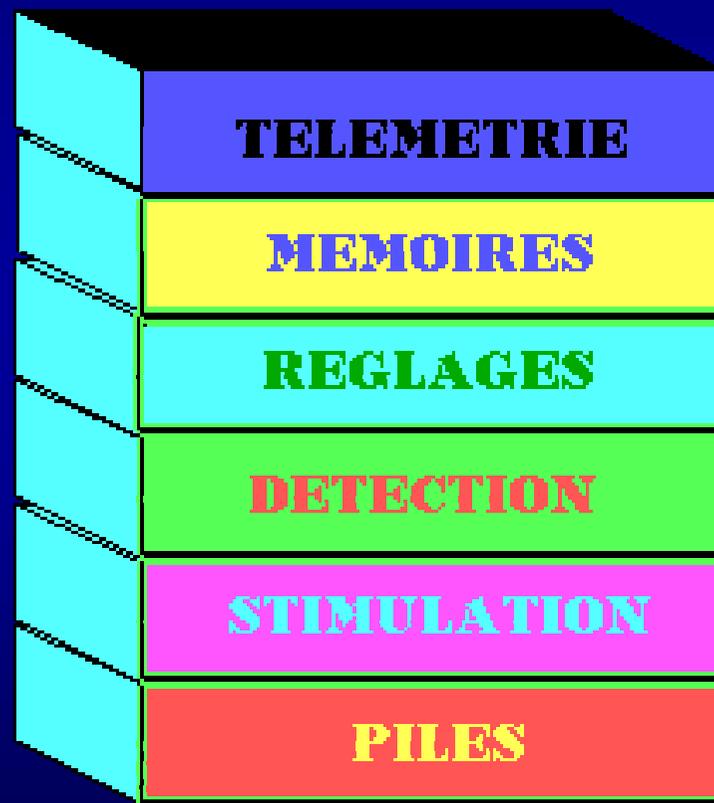
Antenne
télémetrie



Microprocesseur

1990..

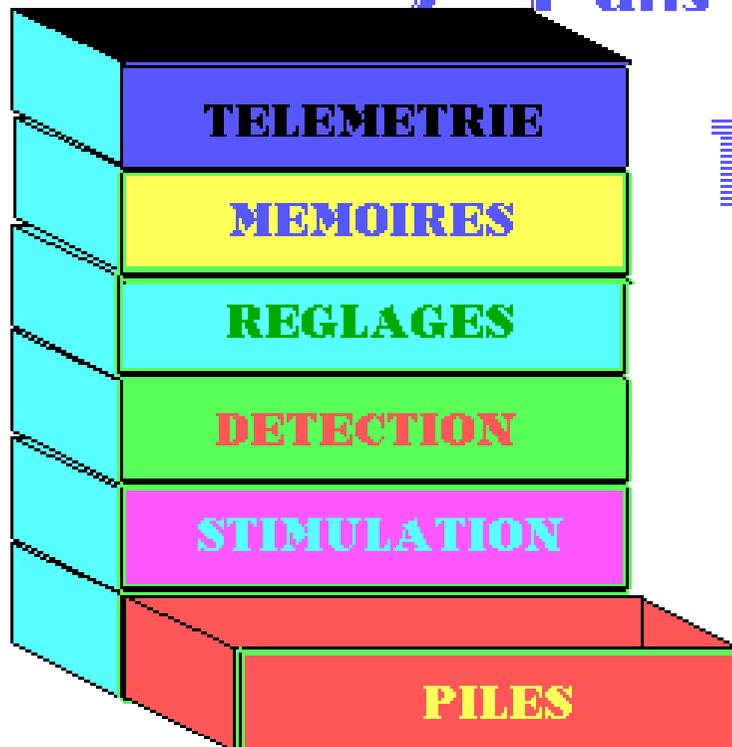
Structure et fonctions du stimulateur



PILES

MERCURE 1960

2-4 ans étancheité volume



PLUTONIUM 1970

25 ans toxicité volume

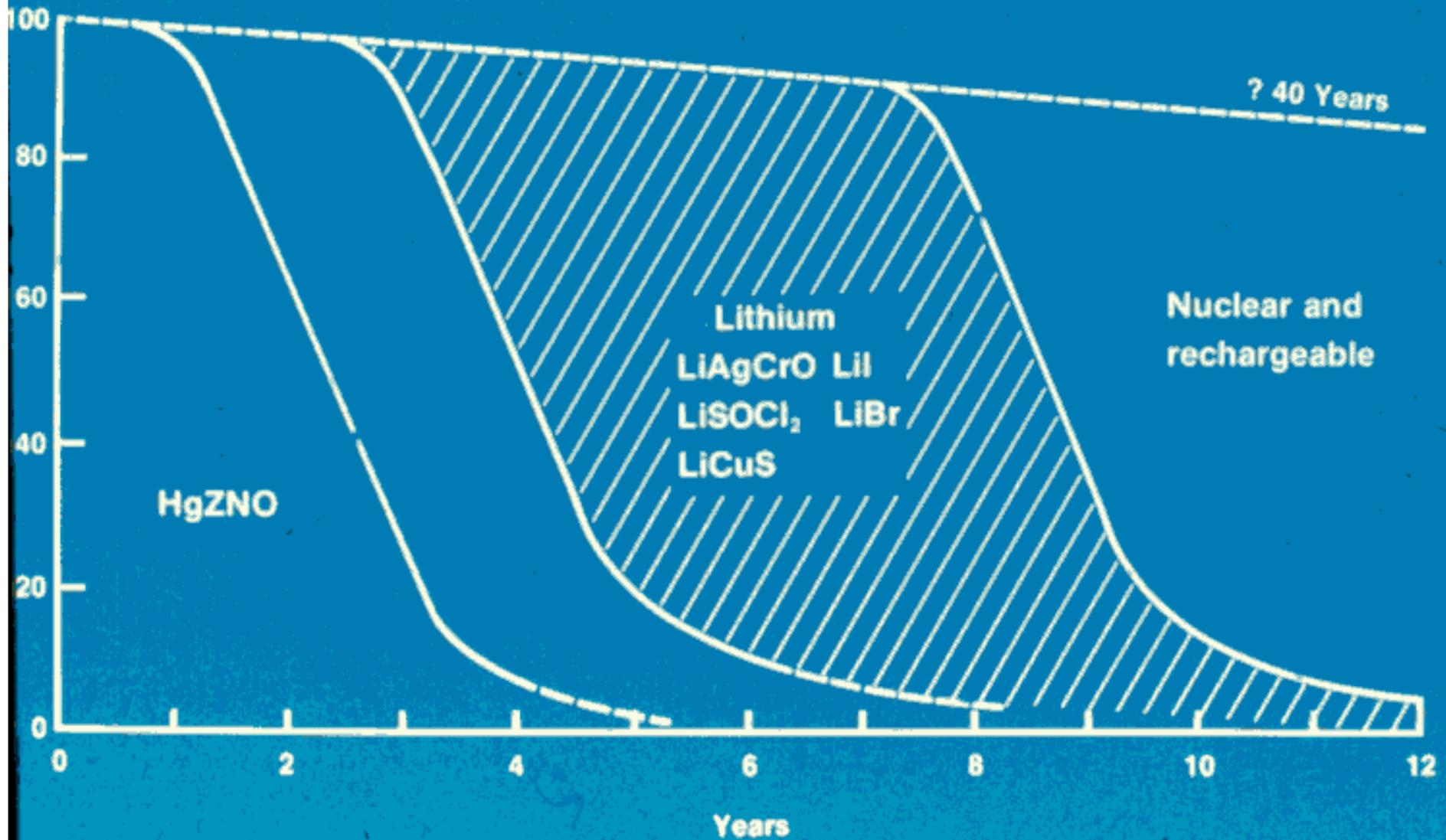
=> LITHIUM 1975 <=

5-12 ans

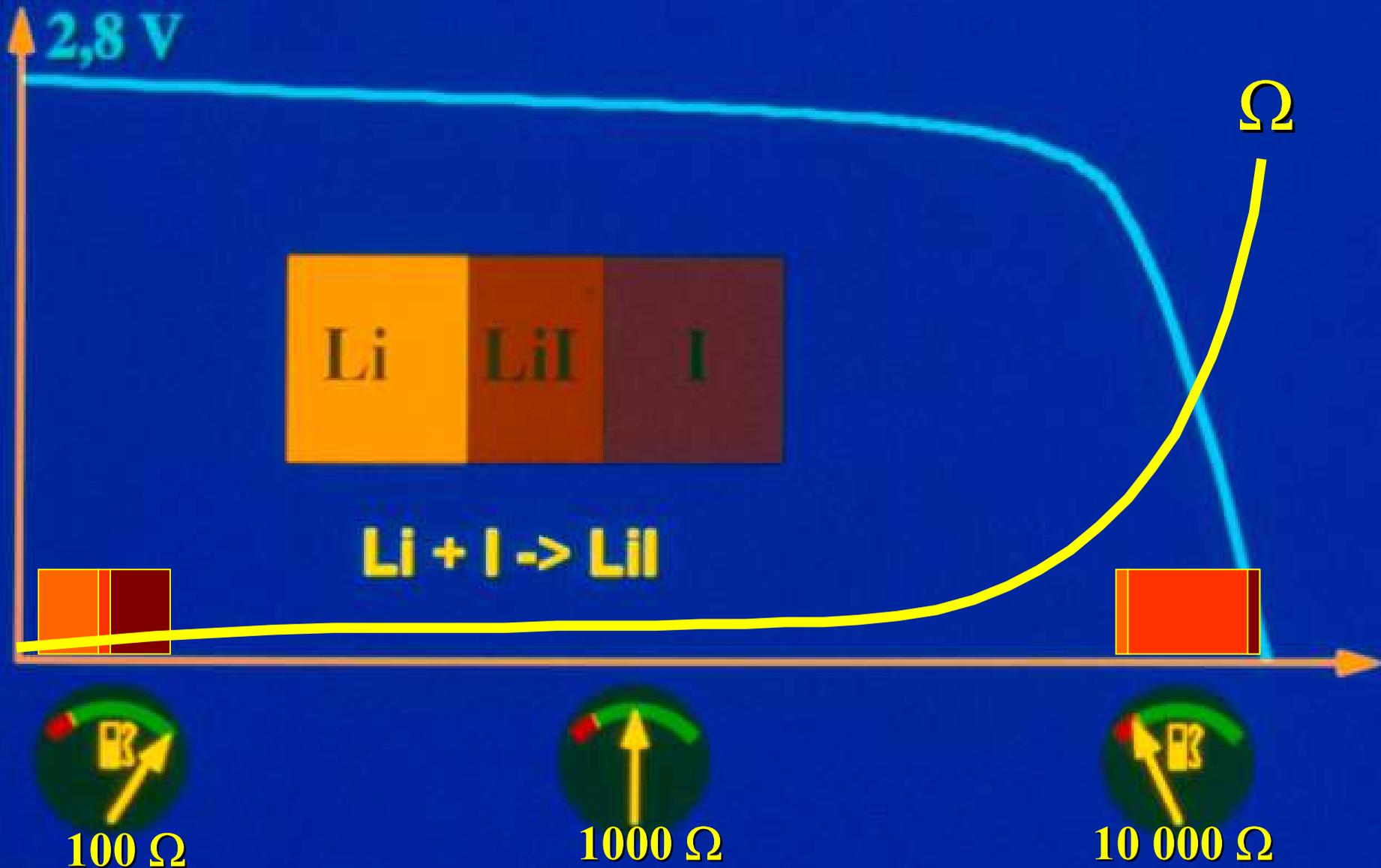
faible volume

La source d'énergie

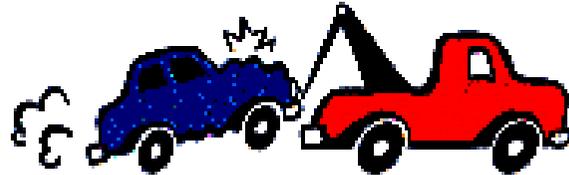
Estimated generator longevity



Pile Lithium-Iode



(réservoir de la batterie)



Une pile qui a une capacité de 1 A / H (ampère/heure) délivre en continu :

1 ampère pendant 1 heure

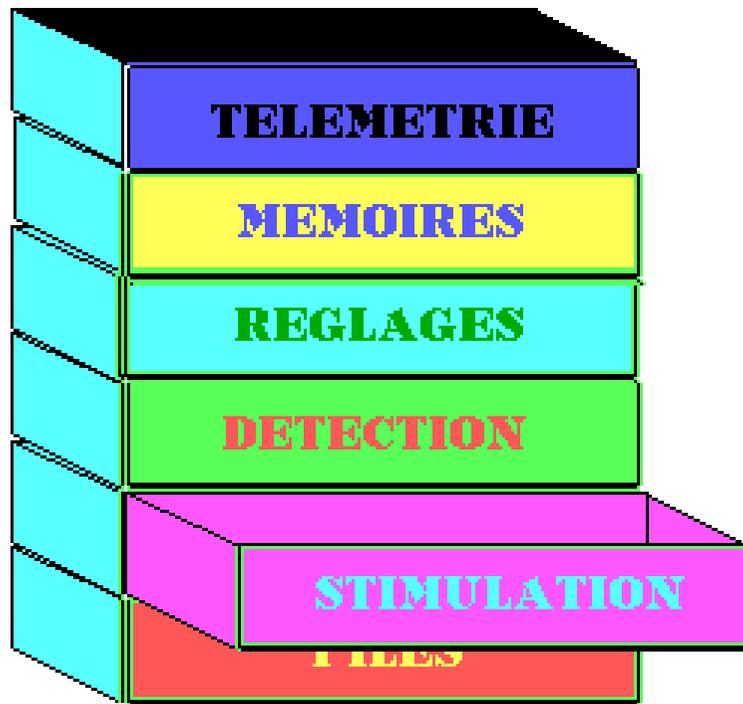
ou 10 mA pendant 100 heures

ou 10 μ A pendant 100 000 heures.

100.000 heures = 11,4 ans

La longévité du stimulateur dépend de la capacité de la pile
et de la consommation du stimulateur

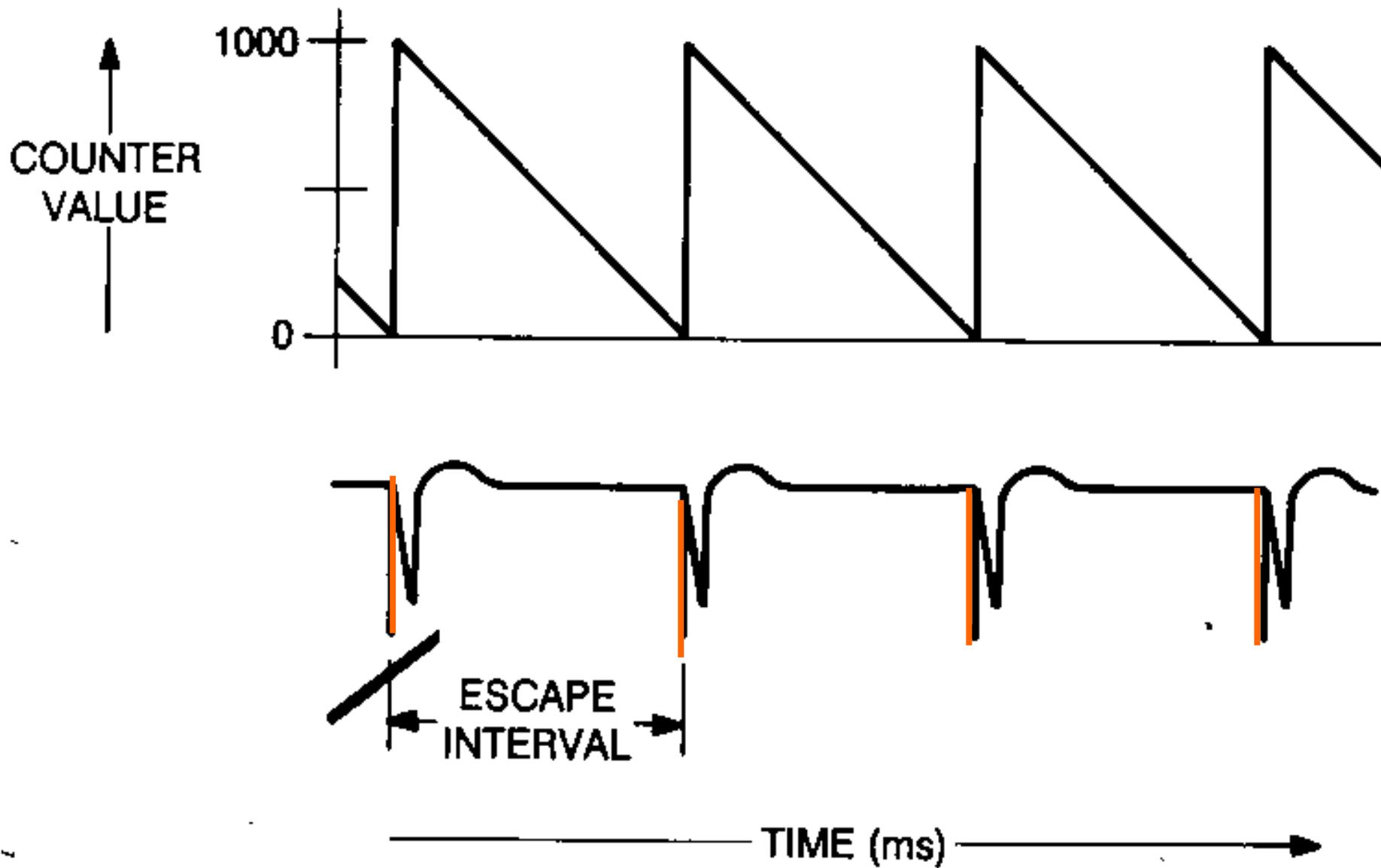
STIMULATION



70 /mn
5 volts
.5 ms

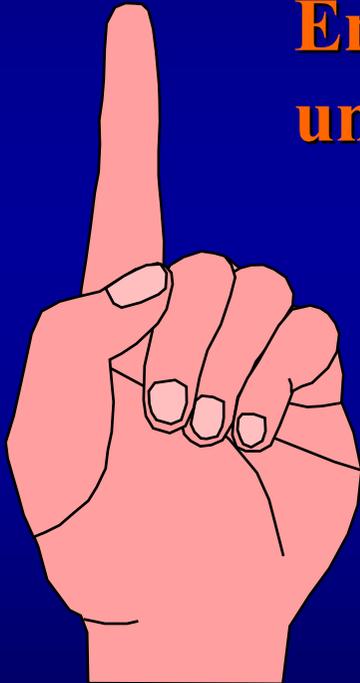
Uni ou
Bipolaire

Robert FRANK
DIU 2007
La sortie: l'énergie délivrée par impulsions



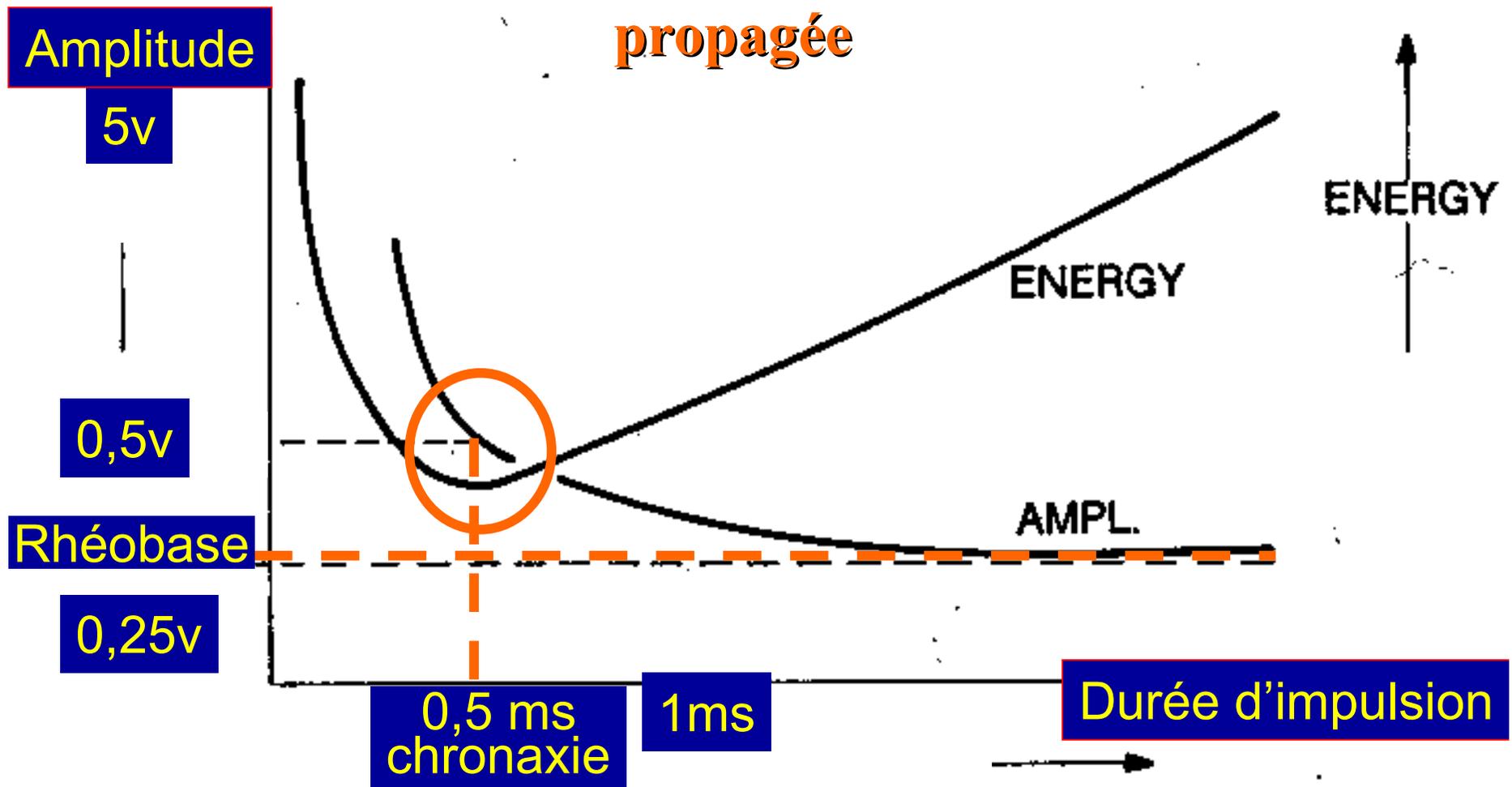
Seuils de stimulation

Energie minimale capable de provoquer
une excitation propagée



Seuils de stimulation

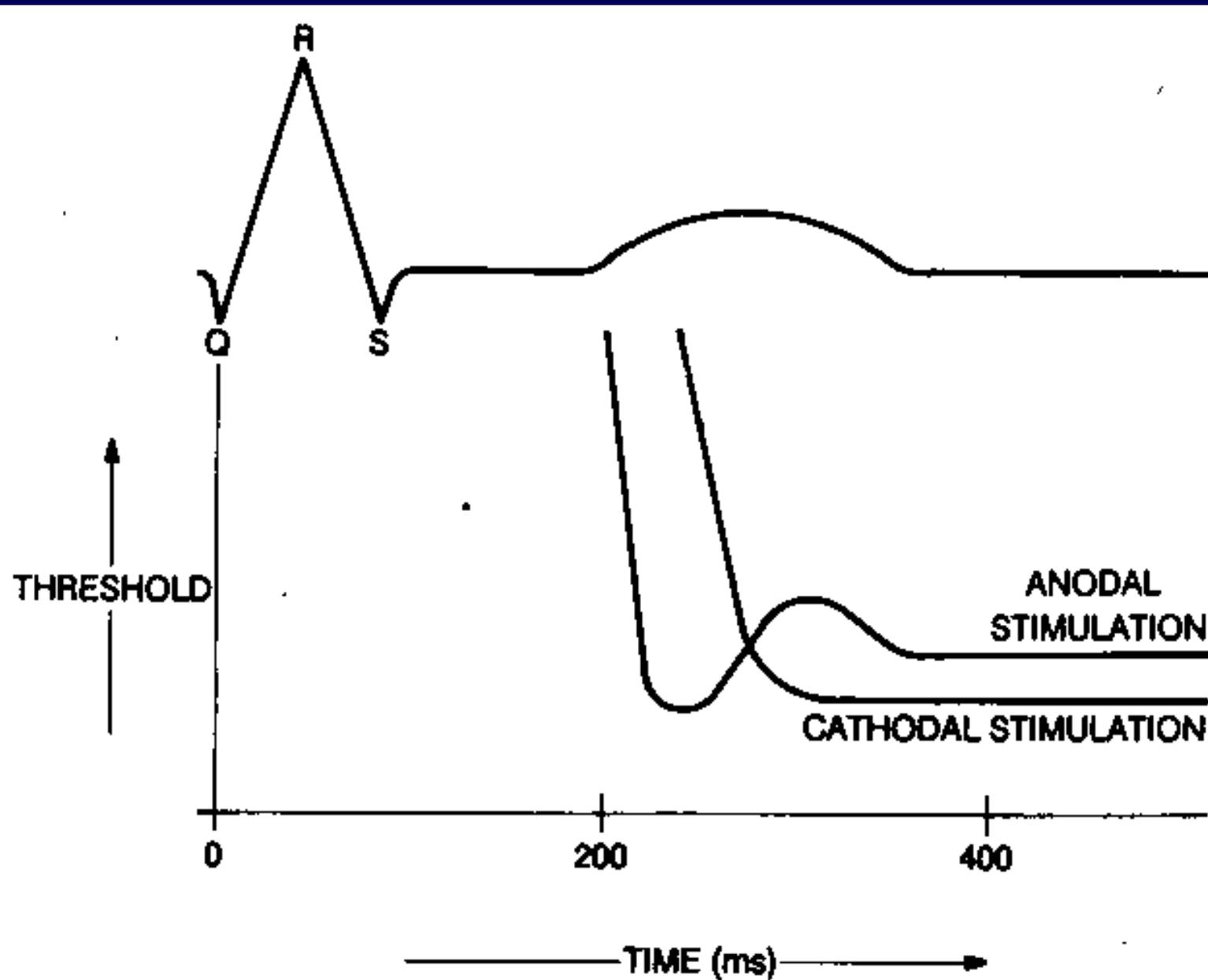
Energie minimale capable de provoquer une excitation propagée



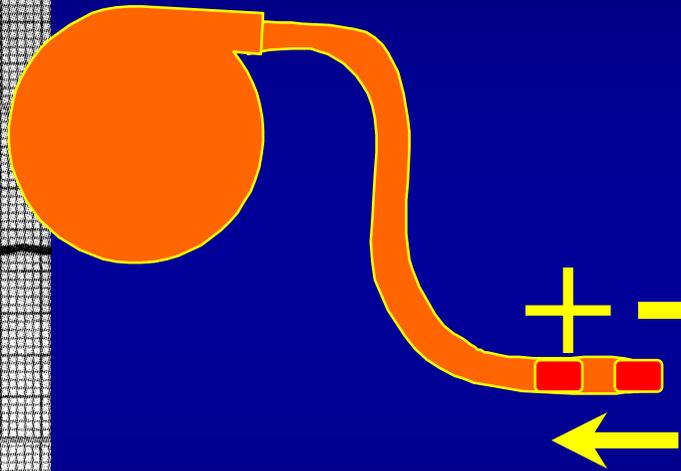
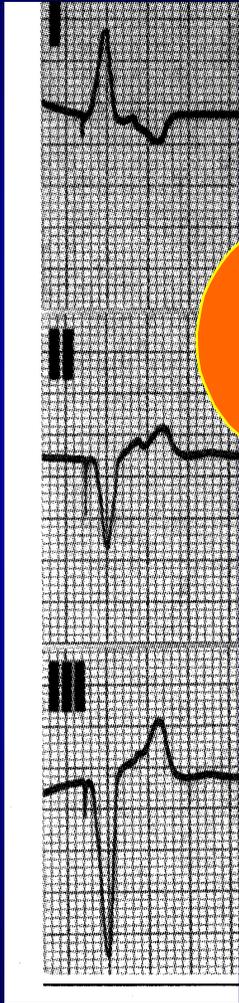
Rhéobase: seuil en amplitude (volts) pour une durée infinie

Chronaxie: durée (ms) au double de la rhéobase (énergie minimale)

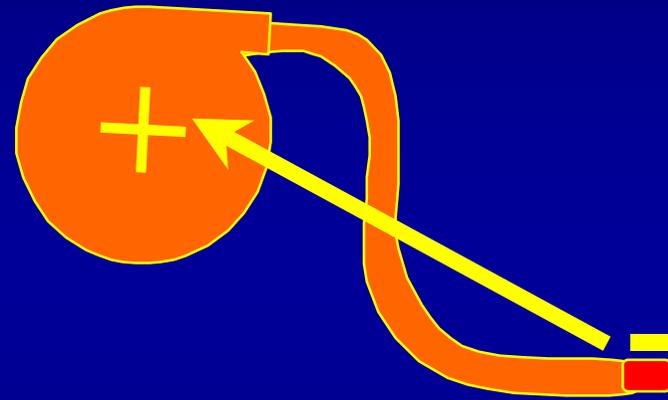
Seuils de stimulation: pôle-meilleur que pôle+



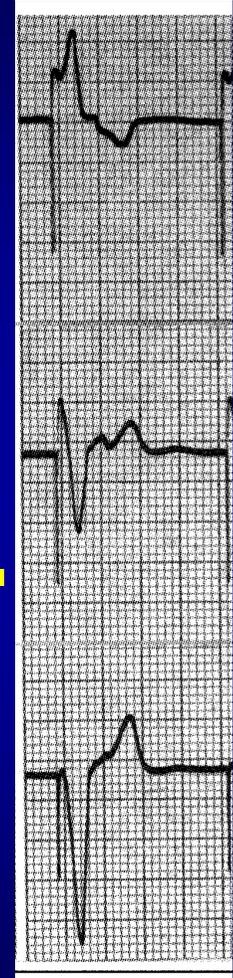
Deux modes d'électrodes



Bipolaire



Unipolaire

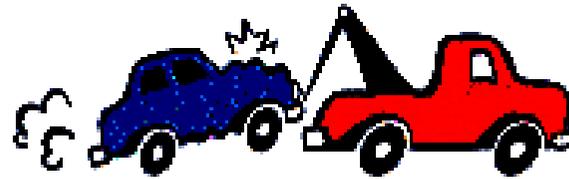


Economies d'énergie

- Les cellules sont sensibles à la différence de potentiel!
- Voltage du stimulateur au double du seuil en volts!
- Durée au triple du seuil en durée d'impulsion!



(réservoir de la batterie)



Une pile qui a une capacité de $1 \text{ A} / \text{H}$ (ampère/heure) délivre en continu :

- 1 ampère pendant 1 heure
- ou 10 mA pendant 100 heures
- ou 10 μA pendant 100 000 heures.

100.000 heures = 11,4 ans

Tout dépend de l'énergie délivrée
et de la consommation interne des circuits

En mode Inhibe

VVI	5V	2,5V
Consommation de courant	7 μ A	7 μ A

En mode DDD*

DDD	5V	2,5V
Inhibé	8 μ A	8 μ A
Stimulé auriculaire	10 μ A	2,5 μ A
Stimulé ventriculaire	10 μ A	3,5 μ A

* pour une fréquence de 70 cpm^{-1} , $L=0,5 \text{ ms}$, impédance= 500 Ω , 100% de stimulation.

Modèle de stimulateur: Thera DR 7962i

Numéro série: PDD600234

Valeurs pile/sonde:

Recueilli: 11/10/00 18:19

Etat de la pile: OK

Durée est. avant

Remplacement (moy) 45 mois(Val historiq.)

Tension pile 2.77 V

Courant de la pile 26.4 uA

Impédance de la pile 339 Ohms

Etat sonde :

Atrial Ventriculaire

Durée impulsion 1.50 0.40 ms

Amplitude 3.27 2.66 V

Energie de sortie 20.5 5.0 uJ

Courant/Sonde 5.5 5.2 mA

Impédance sonde 435 475 Ohms

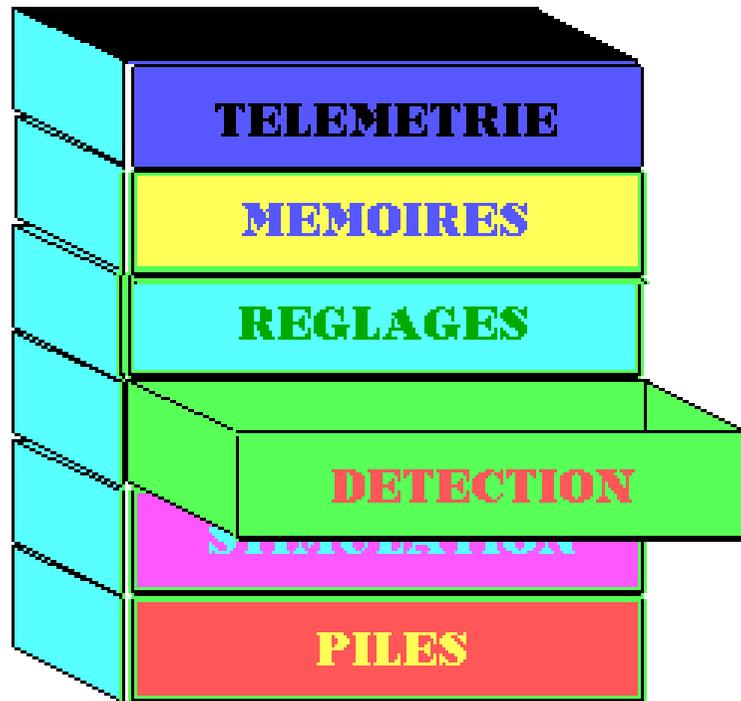
Configuration stim. UNI. UNI.

Si la capacité de cette pile est de 1 A/h, elle durera 38000 heures, soit
4,3 ans...

DÉTECTIONS

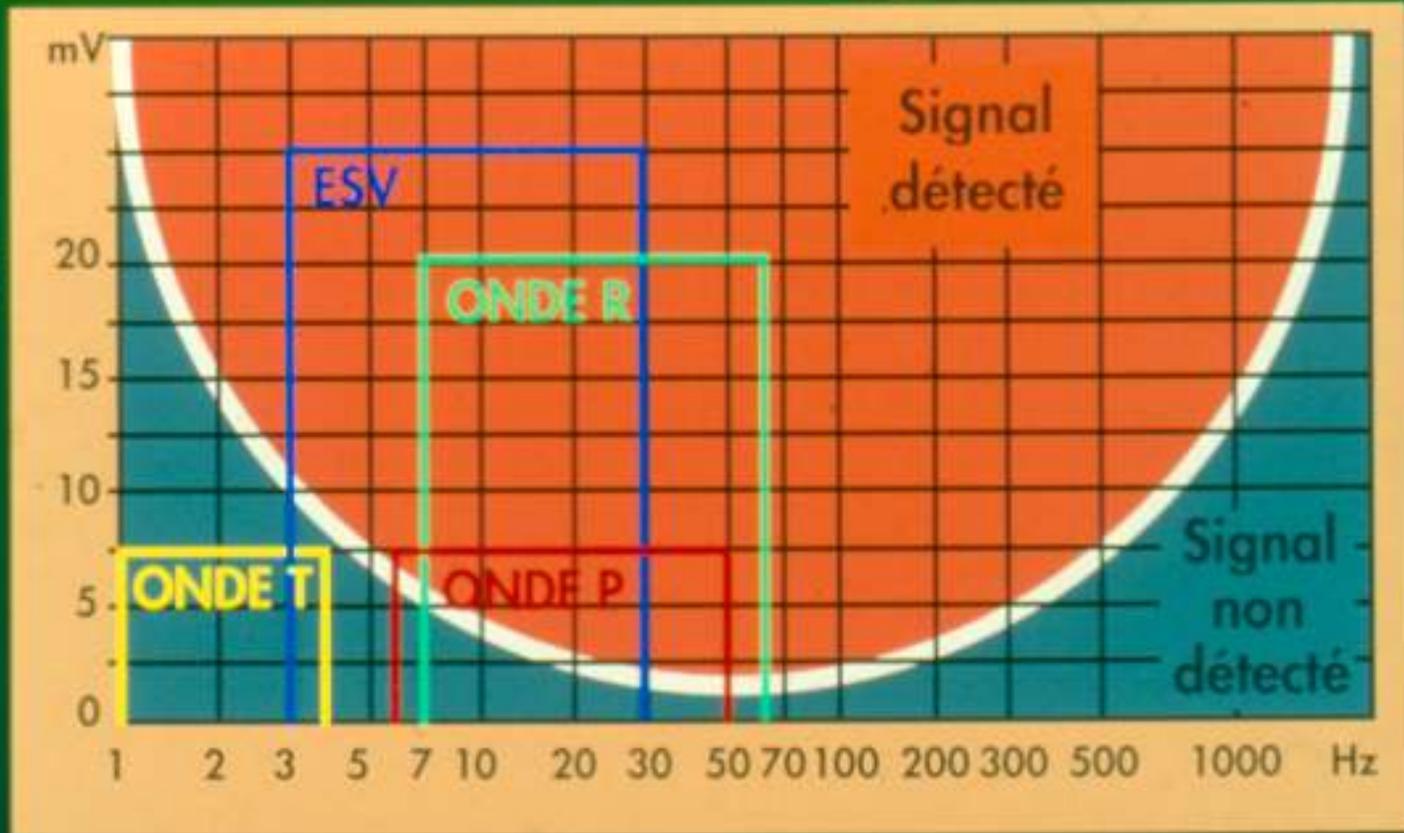
Periode refractaire
250-300 ms

Sensibilite
2 mV



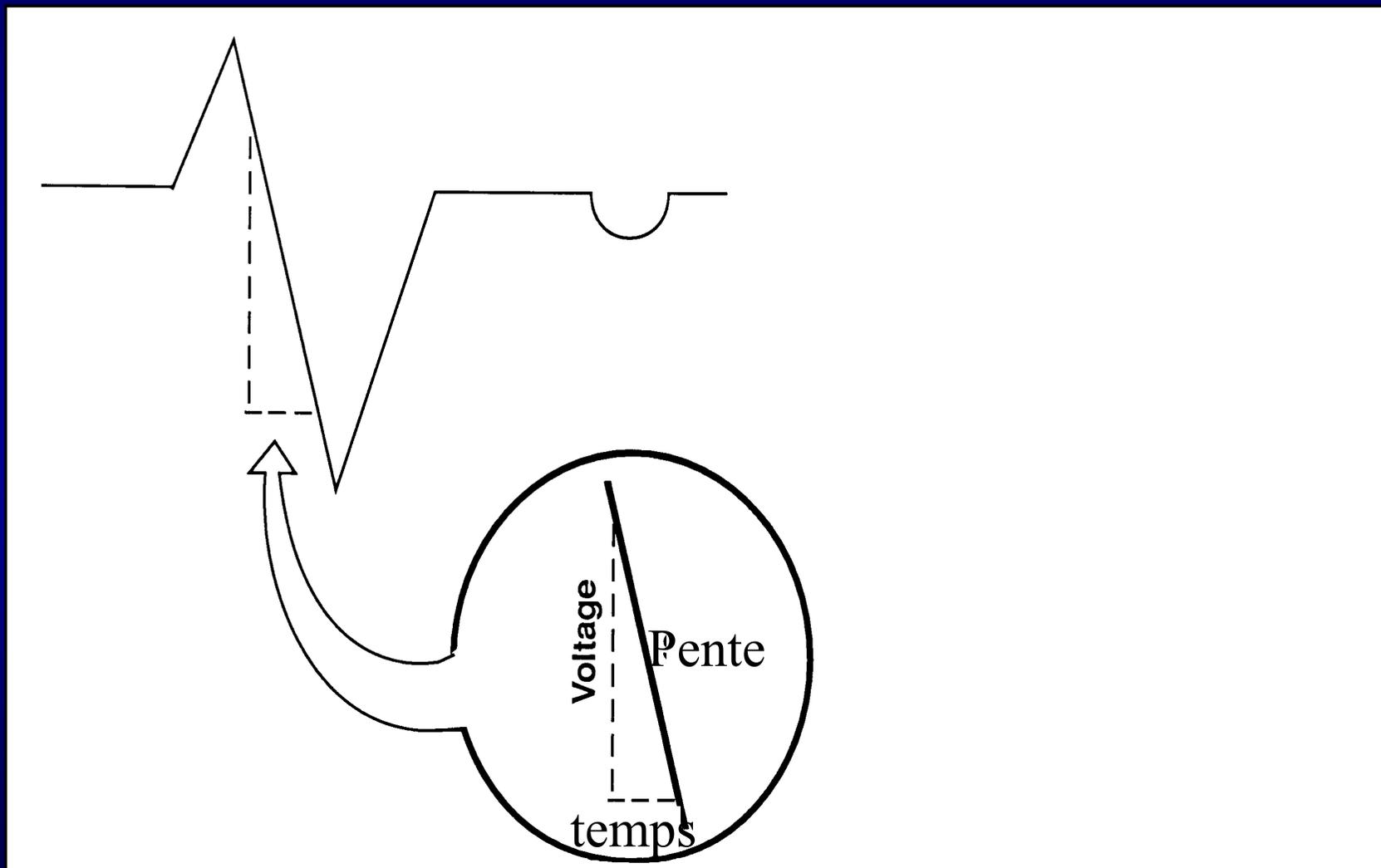
Les entrées: signaux extérieurs

AMPLITUDE

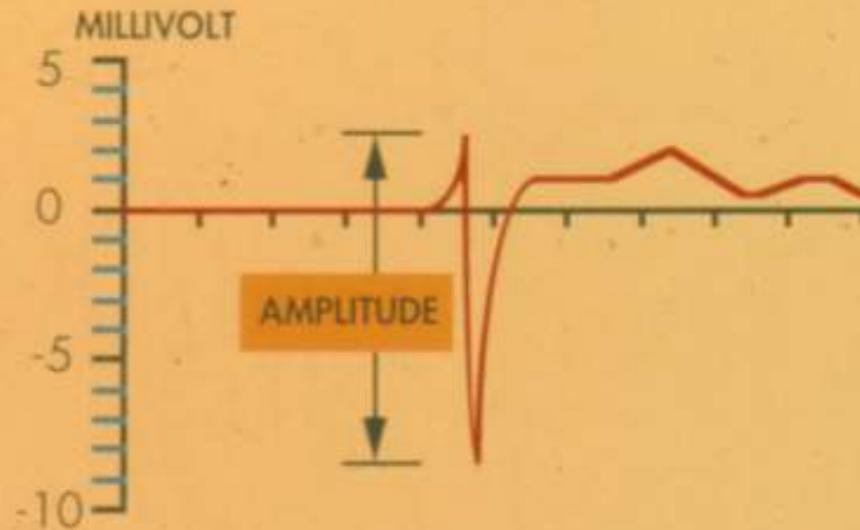
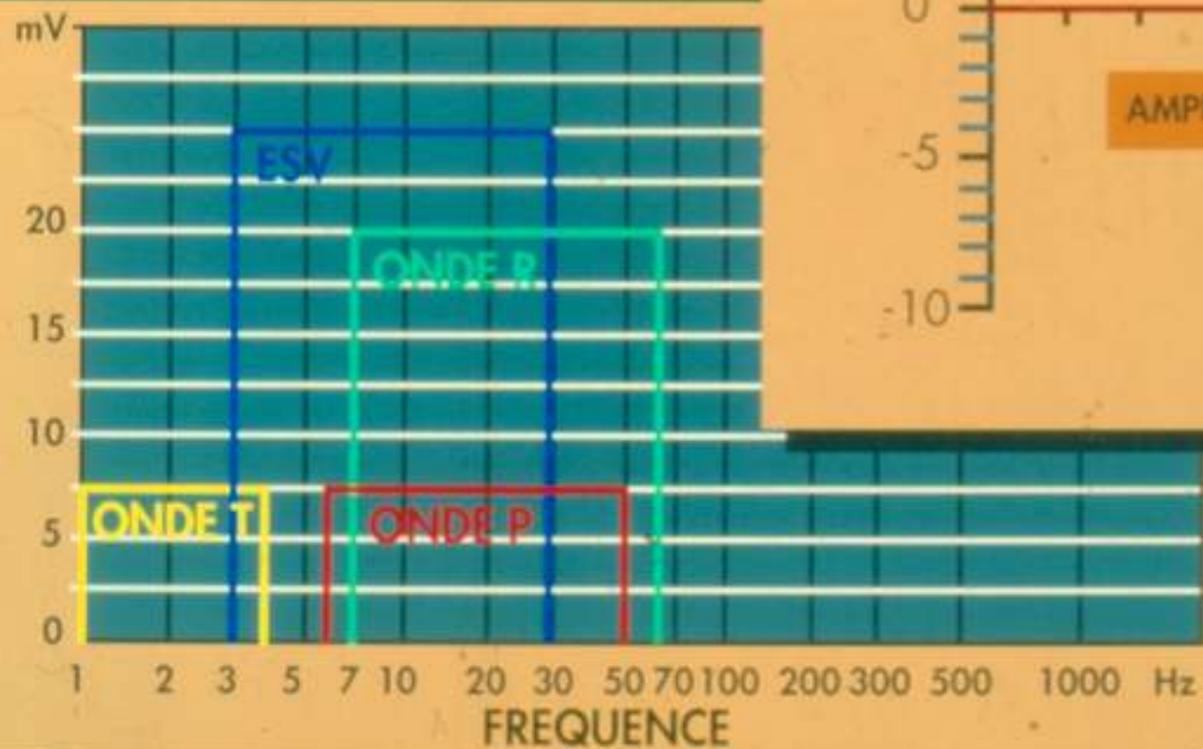


CIRCUIT SELECTIF D'UN P.M..

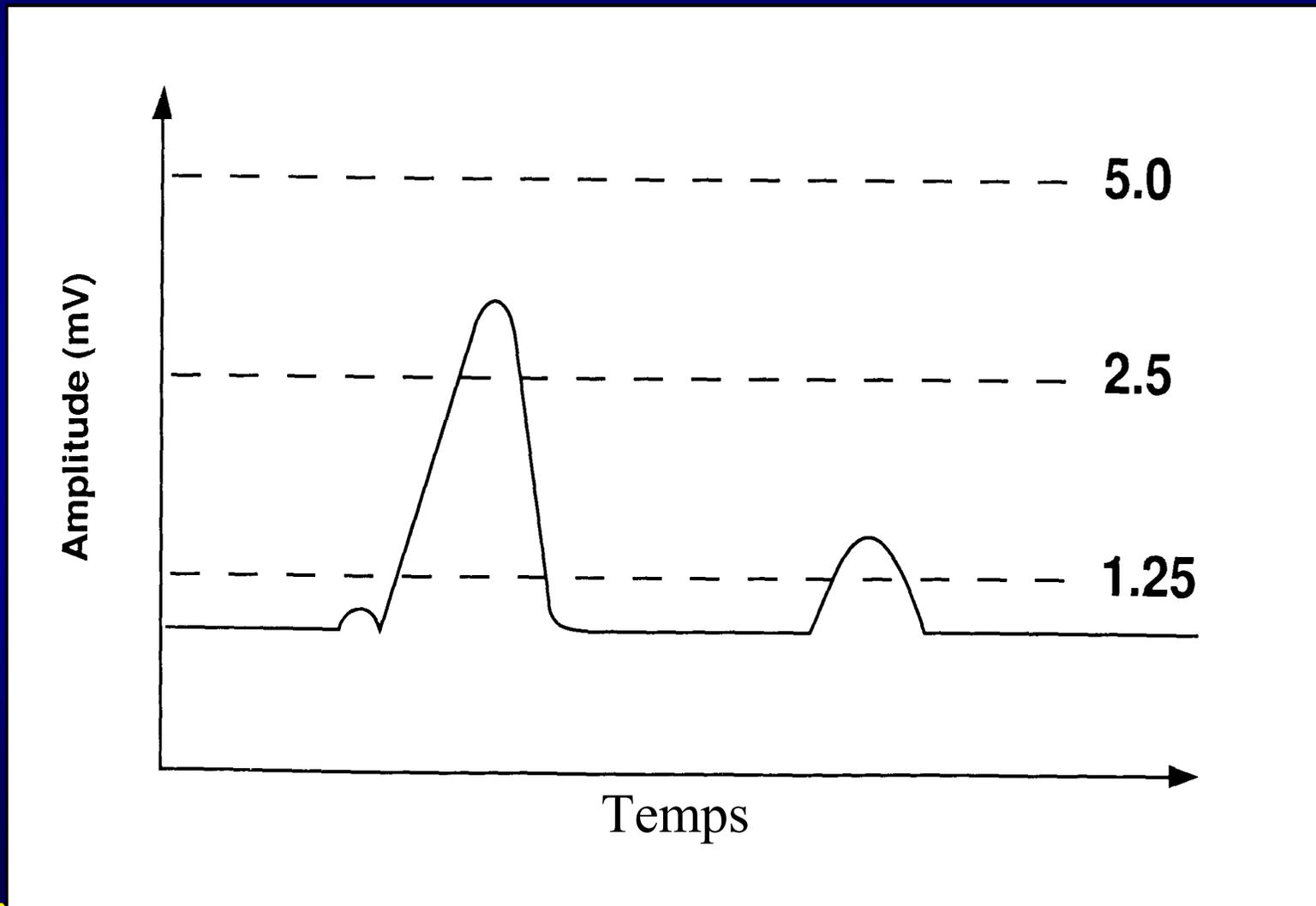
Pente du signal



RECUEIL P.E. AMPLITUDE / FREQUENCE



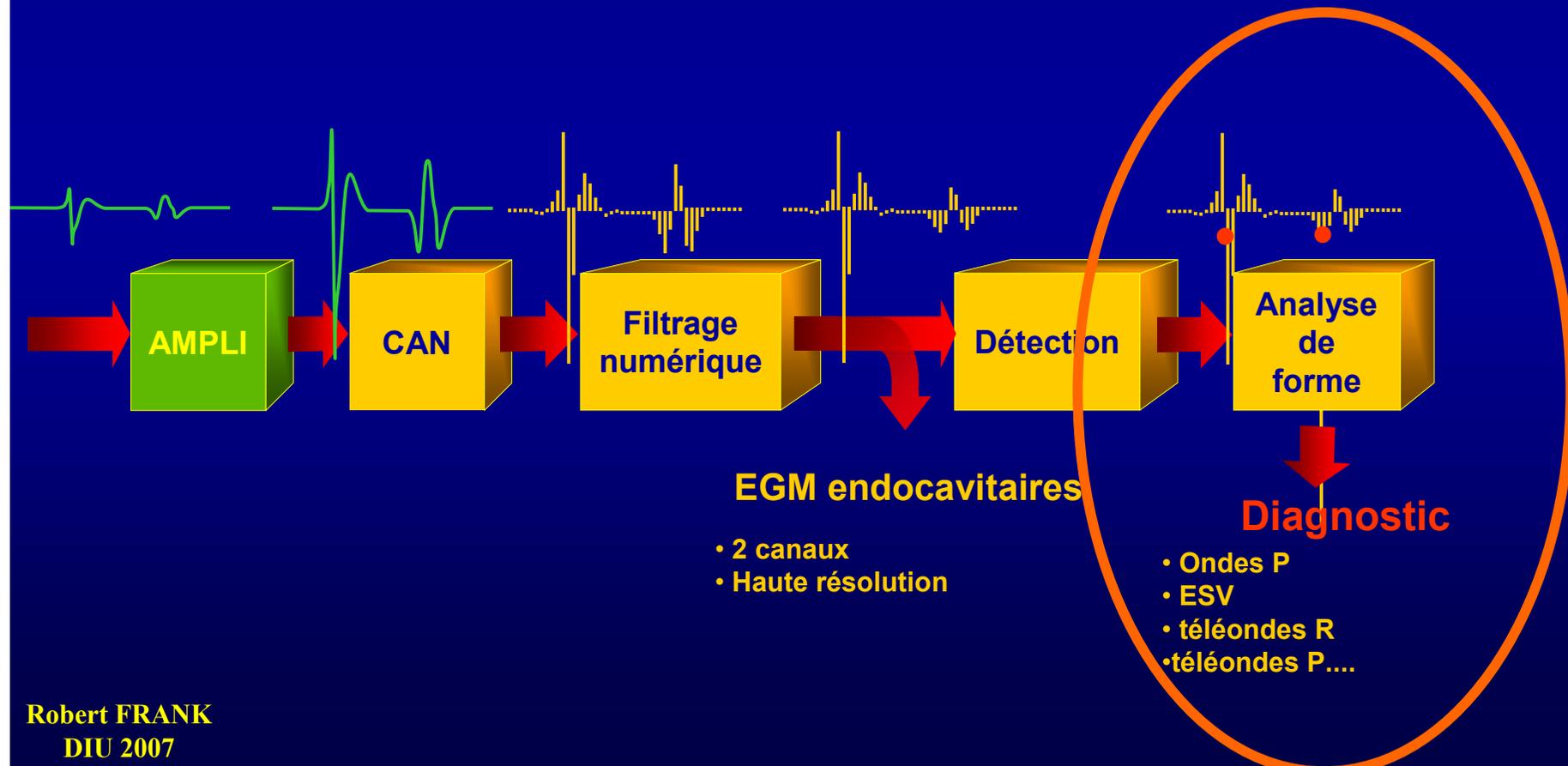
Sensibilité=niveau de détection



Le futur: la détection numérique

(Vitatron Série T)

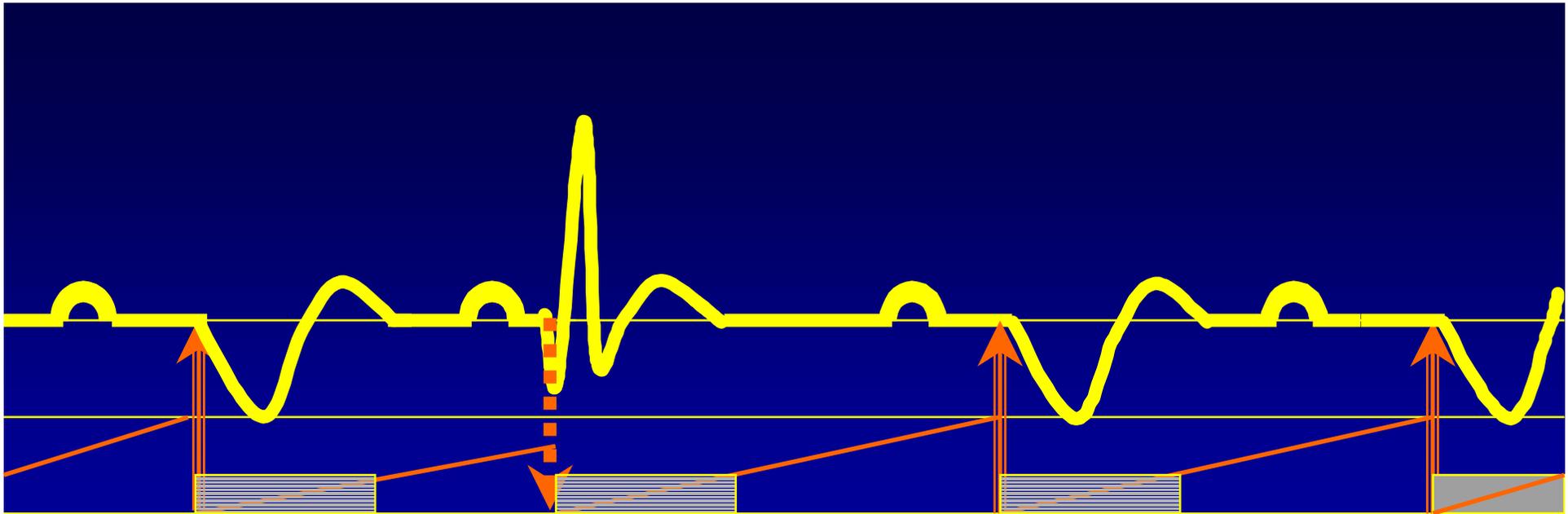
- Traitement numérique du signal



Périodes réfractaires de détection

- **Définition:** zone pendant laquelle le stimulateur ne détecte pas de potentiel
- **Intérêt:** pas d'auto détection
 - potentiel évoqué
 - onde T
 - télé-ondes A ou V
 - impulsions des autres cavités
- **Complexité croissante:**
 - période réfractaire absolue après toute détection ou stimulation
 - zone de détection des interférences
 - blanking
 - zone de détection d'événement sans effet sur la stimulation





StV

DetV

StV

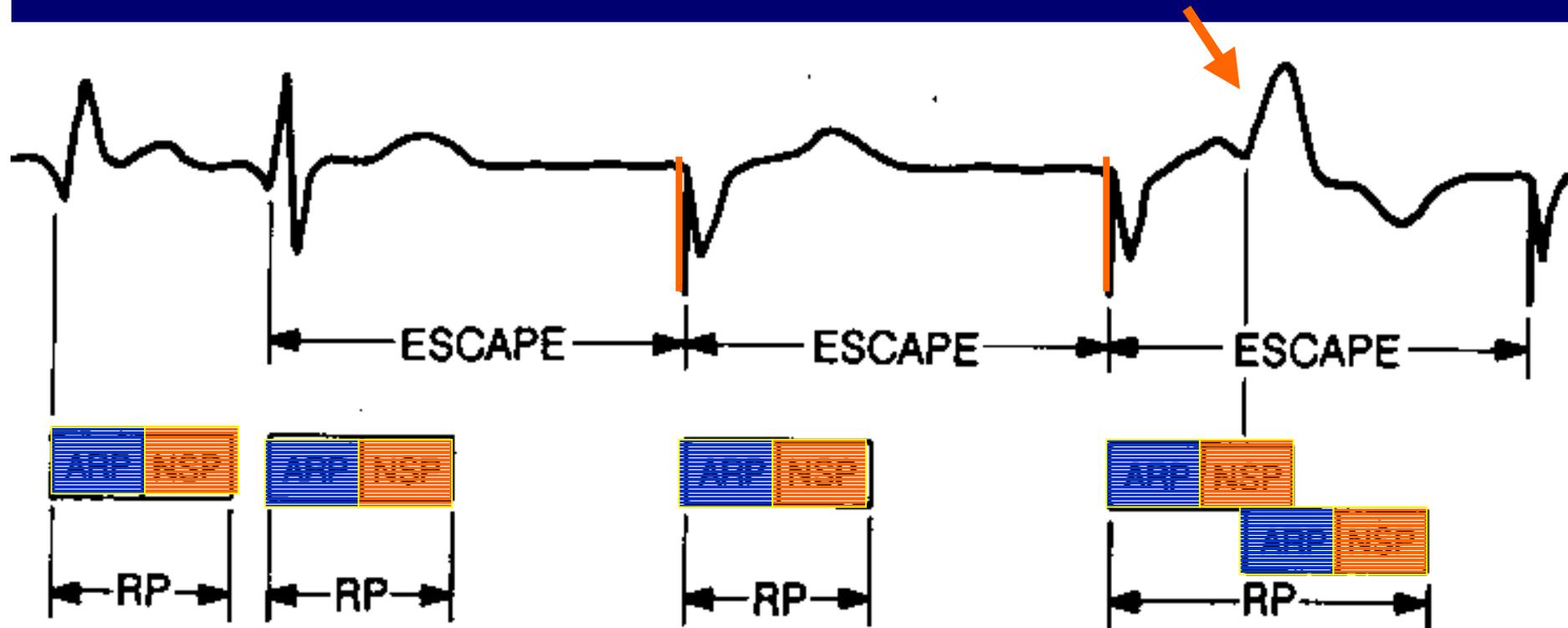
StV

VVI

*

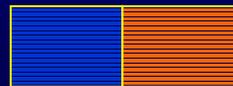
Robert FRANK
DIU 2007

Complexité de la période réfractaire: la période de détection des interférences



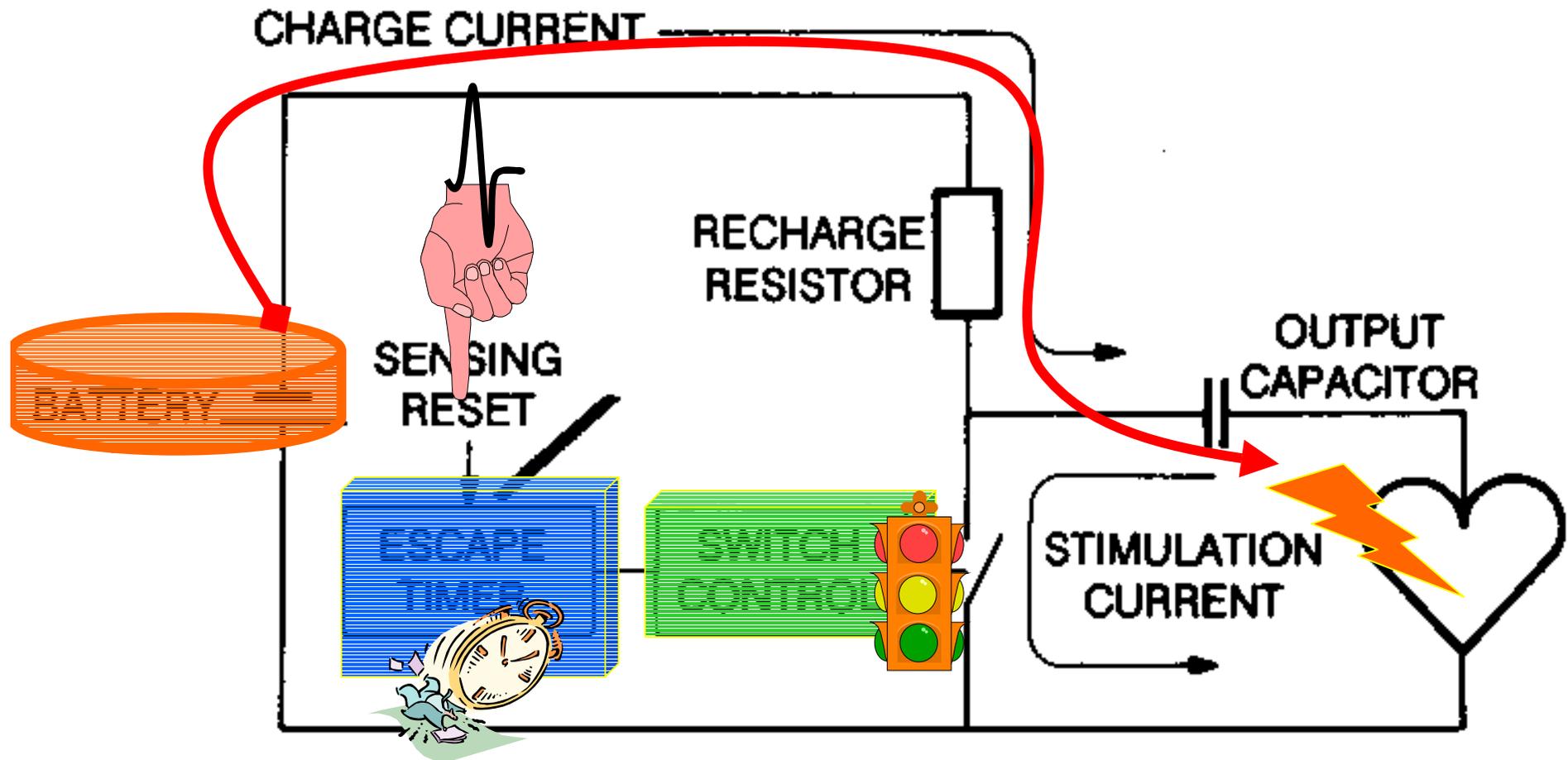
Période réfractaire absolue

Période de détection des interférences



Rob Absolute refractory period

Noise sampling period



En résumé.....

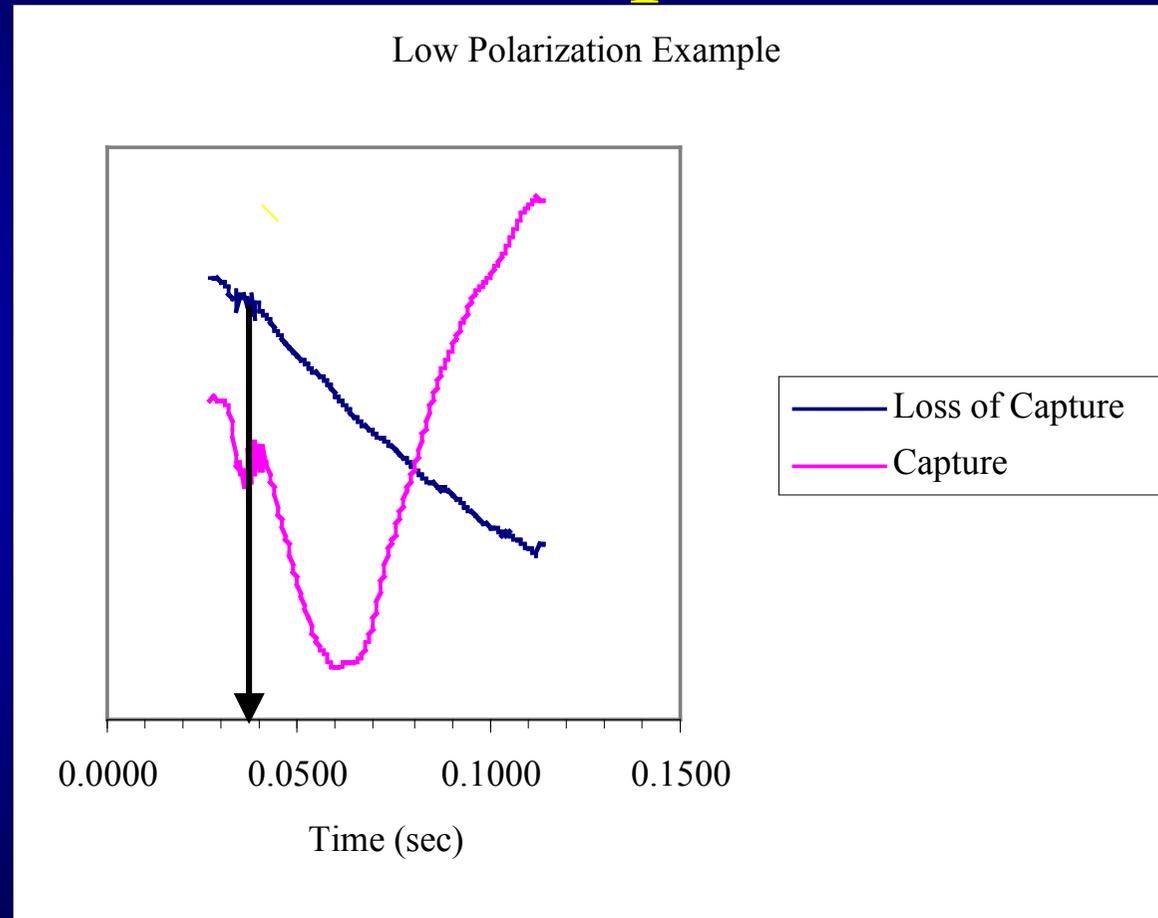
L'auto détection du potentiel évoqué par la stimulation

- Intérêt: mesure de seuil automatique
- 2 types:
 - mesures intermittente
 - mesure cycle à cycle
- 2 réglages
 - simple monitoring
 - correction automatique

L'auto détection du potentiel évoqué

- Problème: la pseudo-fusion....: signal ventriculaire non détecté= absence de réponse= pseudo seuil élevé
- Electrode ancienne à polarisation élevée: charges électriques restantes détectées comme un potentiel endocavitaire

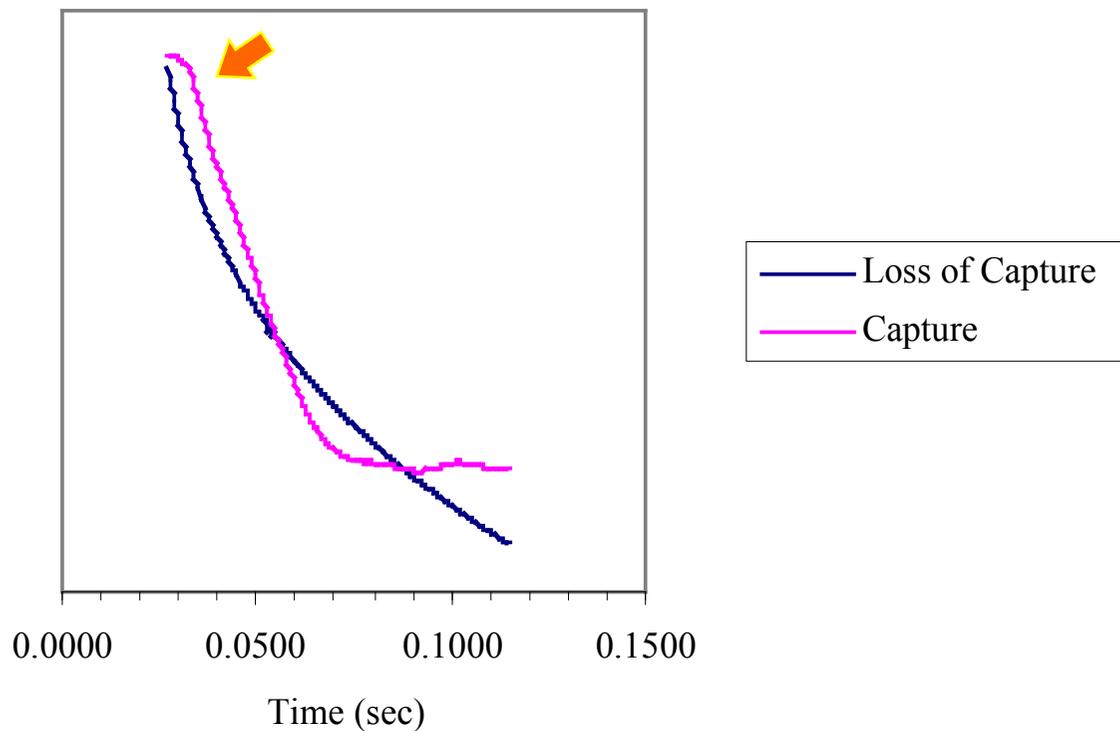
Détection de la réponse évoquée= auto capture



Electrode à faible polarisation

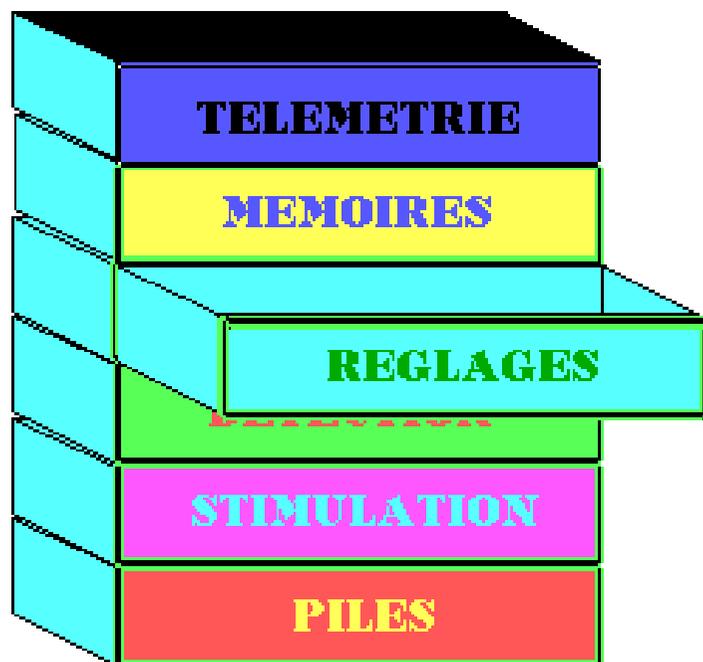
Auto capture

High Polarization Example



Electrode à forte polarisation

REGLAGES



Frequence

Energie

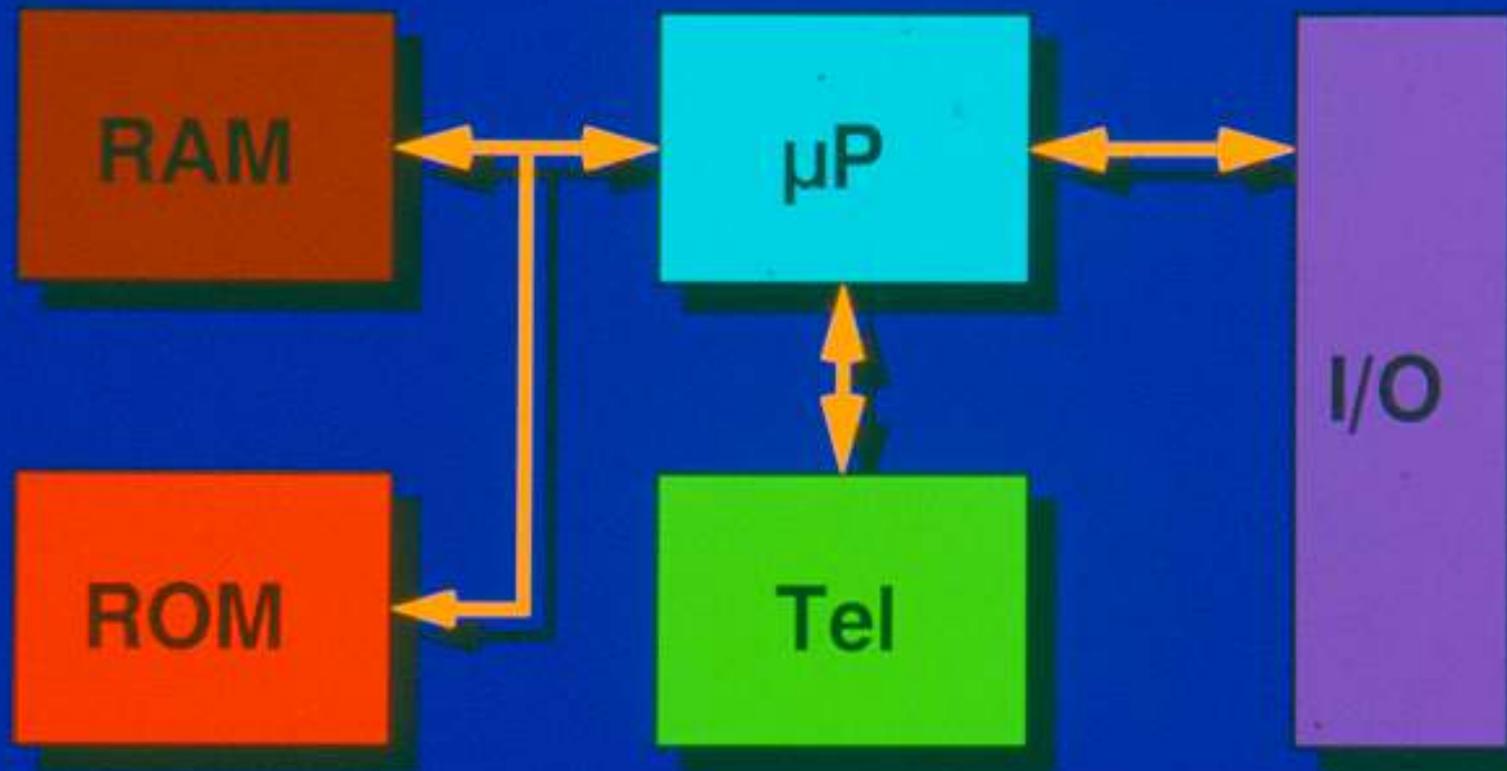
Sensibilite

Mode

Polarite

Modifier les paramètres de base

Synoptique d'un stimulateur



**Medtronic
Vitatron**

Sorin ELA

St Jude

Guidant



Biotronic

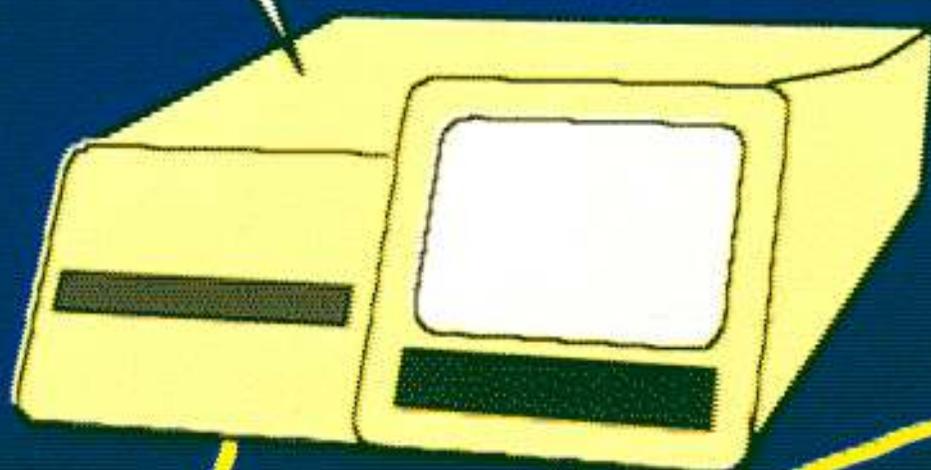
Medico

Portrait de famille 2004: les programmeurs

Robert FRANK
DIU 2007

Sécurités d'accès

Ici APS II Pacesetter,
me reconnaissez-vous?



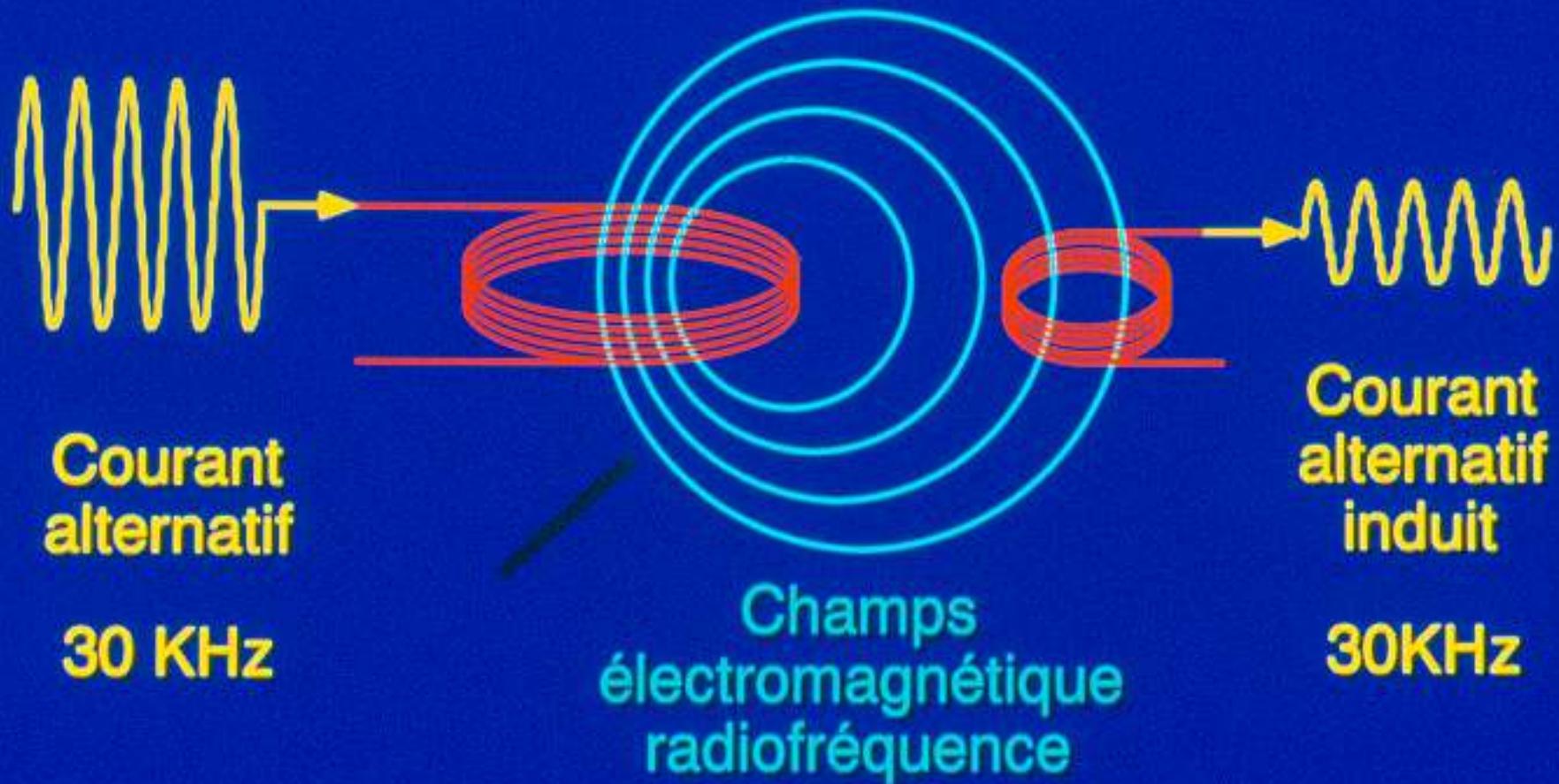
OK!

Je suis un
Synchrony
2022T.



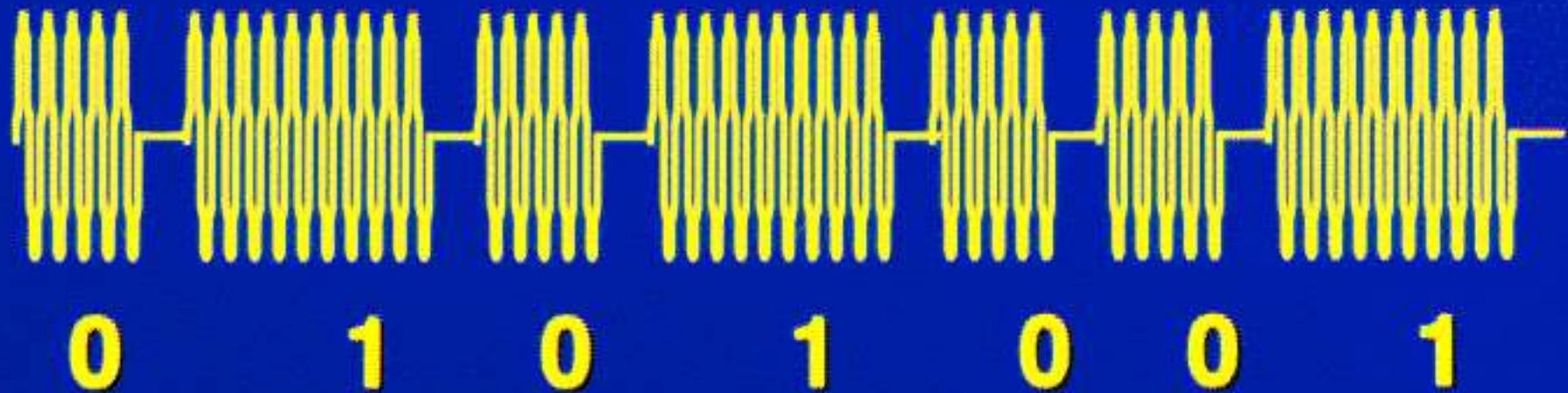
Emission Radiofréquence

Programmateur -> Stimulateur



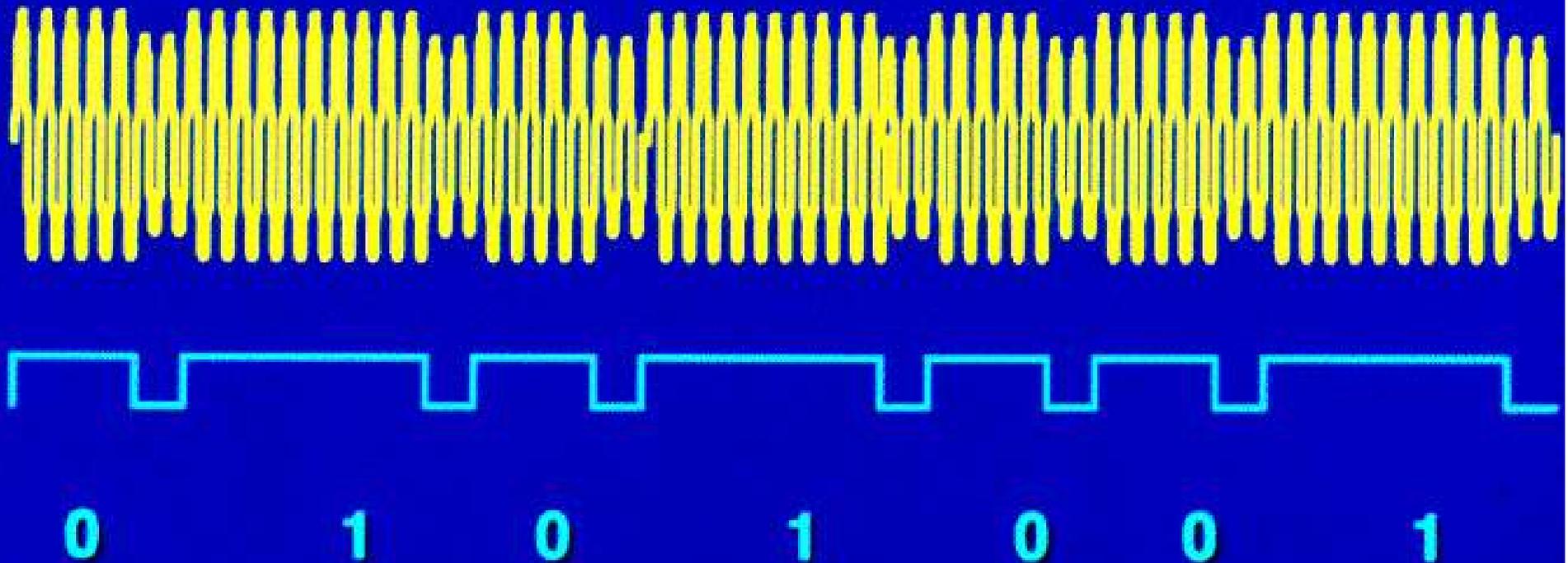
Programmateur -> Stimulateur

Signal radiofréquence codé



Stimulateur -> Programmeur

Modulation par le stimulateur



Principe des mémoires

Adressage de la mémoire

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	1	1	1	1	1	1	0
2	1	0	1	1	1	0	1	0
3	0	1	1	0	1	1	1	0
4	0	1	0	1	1	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1
6	1	0	1	1	0	0	1	0
7	1	0	0	0	1	1	1	0
8	1	0	1	0	1	0	1	0

Mémoire labile
"l'ardoise"

RAM:

**Random
Access
Memory,**

ROM:

**Read
Only
Memory**

Mémoire permanente
"le livre"

Valeurs Programmées en RAM

10 Modes 4 bits

16 Fréquences 4 bits

PM: 32 K 8 bits

PC: 500 Mega 6 bits

Disque dur: 80 Giga 6 bits

2x8 P. Réfractaires 6 bits

2x8 Durées 6 bits

16 Délai AV 4 bits

16 Fréquence Max 4 bits

48 bits

Réglages des fréquences

Frequence

50-60 : NON DEPENDANTS =économies d'énergie
INSUFFISANCE CORONAIRE

80-100 : INSUFFISANTS CARDIAQUES
ENFANTS



Hystérésis de fréquence

Définitions

Hystérésis, du grec, retard

- Définition *en physique*: retard dans l'évolution d'un phénomène physique par rapport à un autre dont il dépend (petit Larousse)
- exemple: l'hystérésis de 2 degrés du point de congélation de l'eau fait qu'au lieu de geler à 0 degrés, elle peut rester liquide jusqu'à -2 degrés si l'on abaisse très progressivement sa température

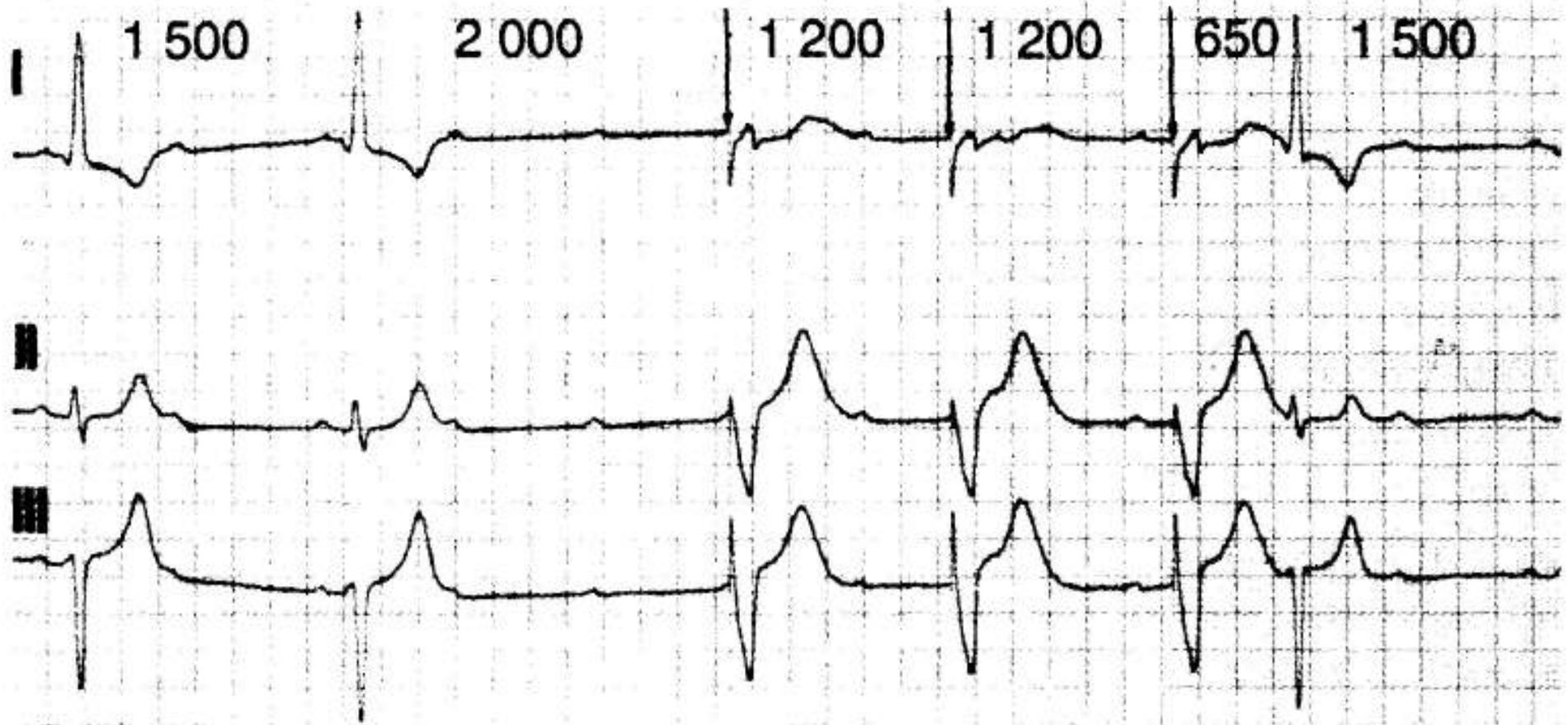
Hystérésis, du grec, retard

- Définition *en stimulation*: retard au déclenchement du stimulateur par rapport à son réglage en fréquence. Un hystérésis de 20 c/mn fait que l'appareil attend un cycle de 1200ms (50/mn) avant de stimuler à 70/mn

- Intérêt: ne pas se déclencher pour une bradycardie non pathologique, mais stimuler ensuite à une fréquence

confortable

Hystérésis VVI pour favoriser le rythme spontané



Hystérésis: PM VVI réglé à 50 cpm (1200ms) et d'une hystérésis de « 20 c/mn » avec déclenchement sur un cycle de 2000s ms (50-20=30....)

Hystérésis....

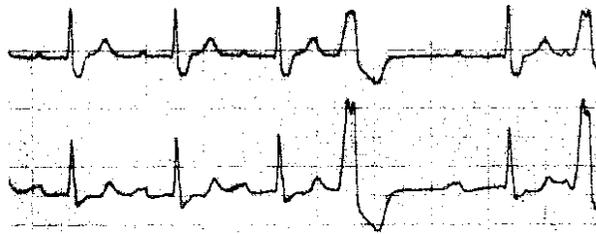
Mais aussi

- hystérésis du DAV pour favoriser l'activation V normale
- hystérésis négative du DAV pour stimuler en permanence (CMHO)

Hystérésis complexes....

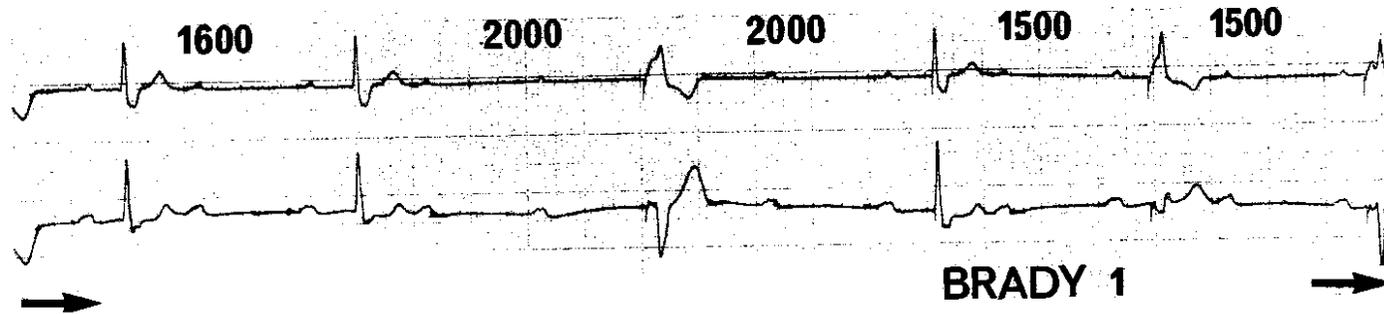
Hystérésis sur plusieurs cycles

- Mode diagnostique de bradycardie
- Mode de réponse à une chute brutale de fréquence
- Mode AAI commutant en DDD si BAV prolongé (AAI safe R, MVP...)

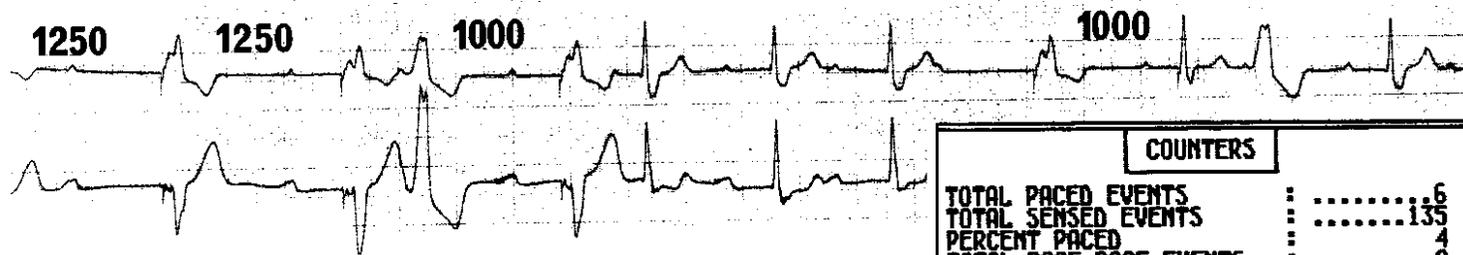


BRADY 0

PARAMETERS	PRESENT	COUNTERS
MODE	DIA	TOTAL PACED EVENTS :0
POLARITY	BIP	TOTAL SENSED EVENTS :0
BASIC RATE (PPM)	60	PERCENT PACED :0
LOW RATE (PPM)	30	TOTAL PACE-PACE EVENTS :0
DURATION (ms)	0.5	TOTAL SENSE-SENSE EVENTS :0
AMPLITUDE (V)	5.0	TOTAL PACE-SENSE EVENTS :0
SENSITIVITY (mV)	0.7	LAST RESET DATE : 01PM 11.06.1992
REFRACTORY (ms)	300	
N.STIM / N.SENS	2 / 255	TOTAL BRADY EPISODES :0
SLOPE	VEF	LAST RESET DATE : 01PM 11.06.1992



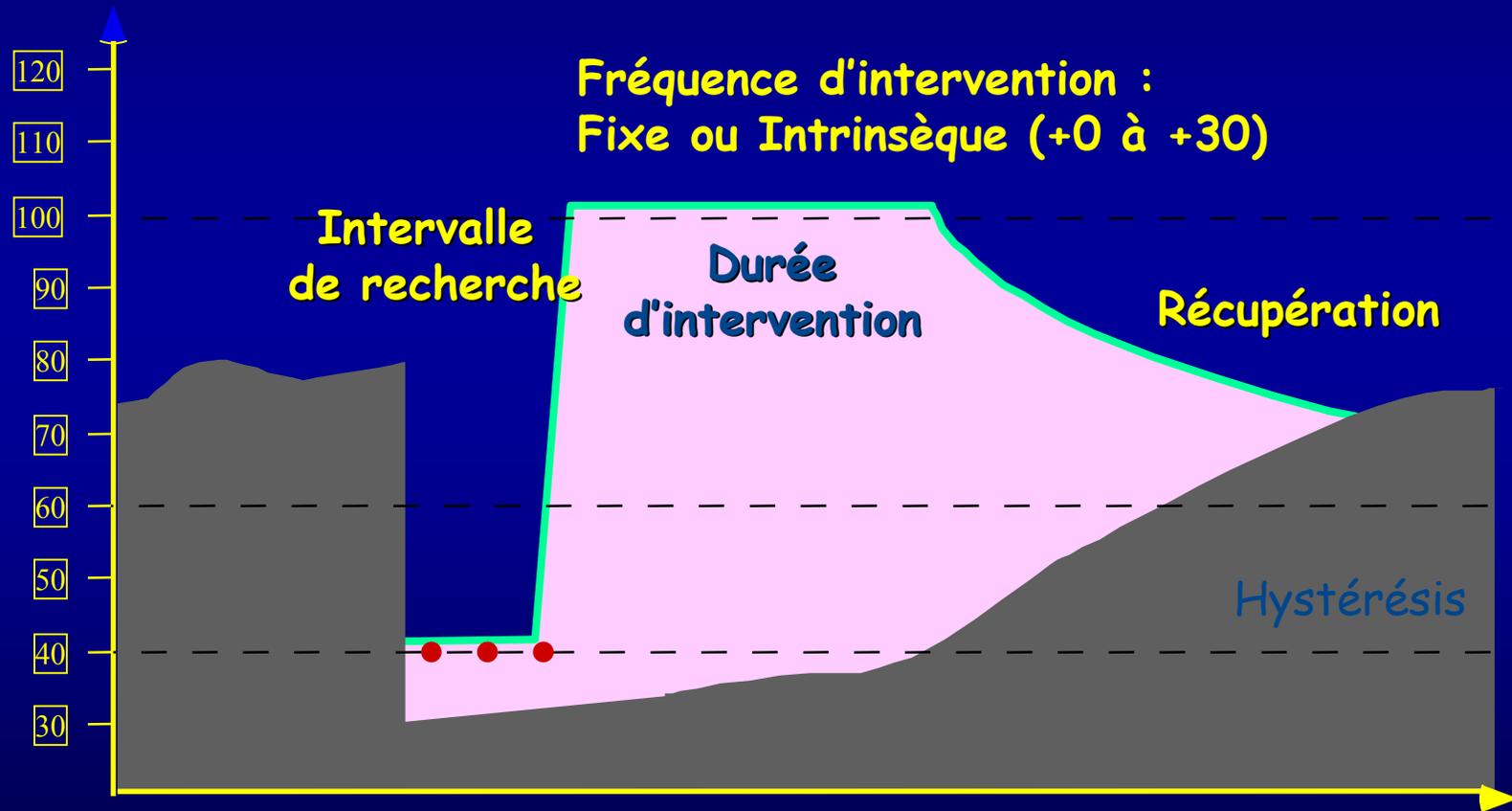
BRADY 1



COUNTERS	
TOTAL PACED EVENTS	:6
TOTAL SENSED EVENTS	:135
PERCENT PACED	:4
TOTAL PACE-PACE EVENTS	:2
TOTAL SENSE-SENSE EVENTS	:131
TOTAL PACE-SENSE EVENTS	:4
LAST RESET DATE	: 01PM 11.06.1992

Hystérésis complexe: Réponse à une chute brutale de fréquence par une accélération de la fréquence de stimulation

- Fonctions spéciales d'hystérésis



Réglage des énergies délivrées

ÉCONOMIE = LONGÉVITÉ

si seuil < 1,2 volts : 2.5 volts (5ms

si seuil < 0.3 ms : 3 x durée seuil

↘ Energie

STIMULATIONS grand pectoral
phrenique
diaphragme



↗ Energie SEUIL ÉLEVÉ

Réglages de la sensibilité

↗ Sensibilité

Défauts de détection

↘ Sensibilité

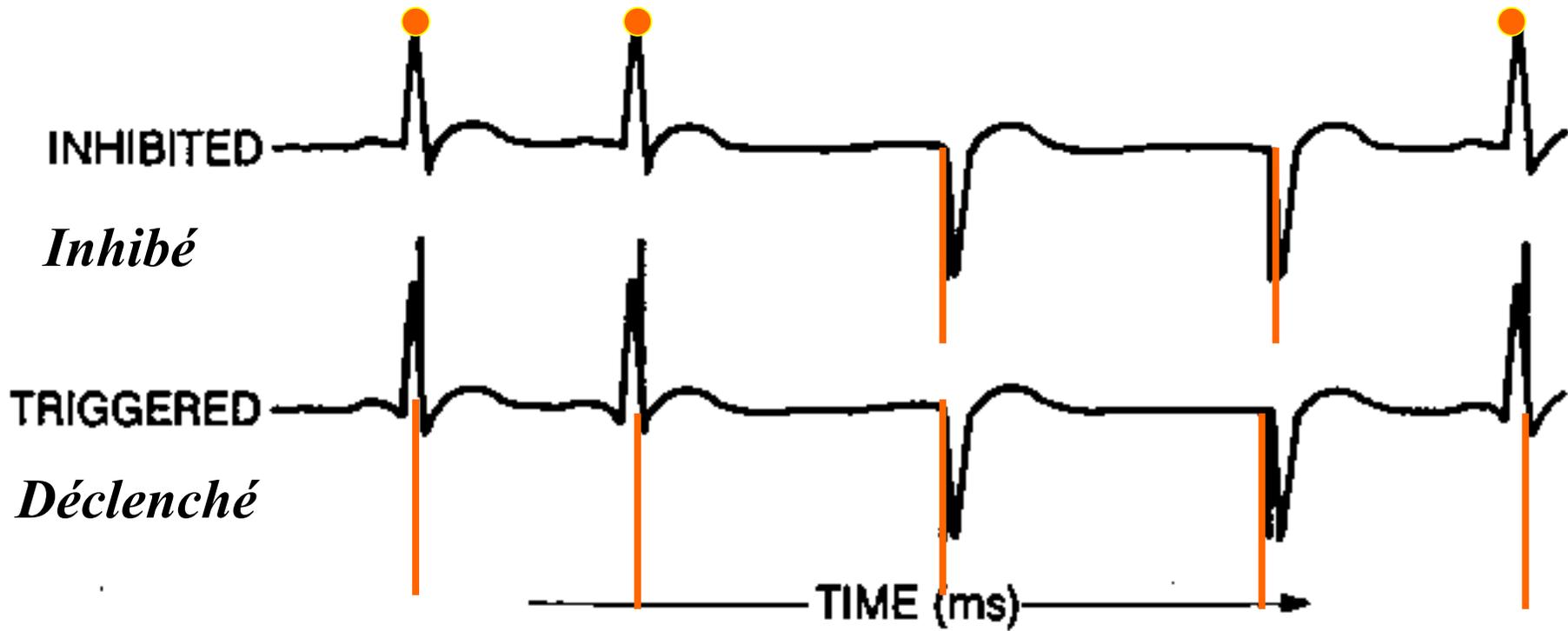
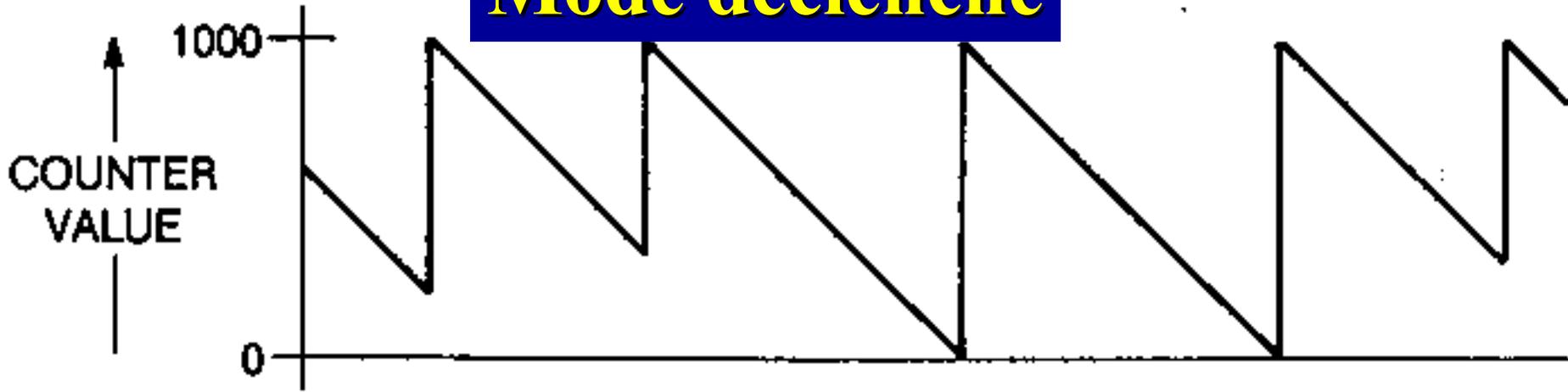
Surdétections

T mais Per. Refr.

Ext. mais mode SST
(déclenché)



Mode déclenché





Définition des modes de stimulation monochambre

Modes	simples			
	Cavité Stimulée	Detectée	Effet	
VVI	Ventriculaire	V	Inhibé	
VOO	V	O	O	
AAI	Auriculaire	A	I	
VOO	V	O	O	
VVT	V	V	Triggered (déclenché)	

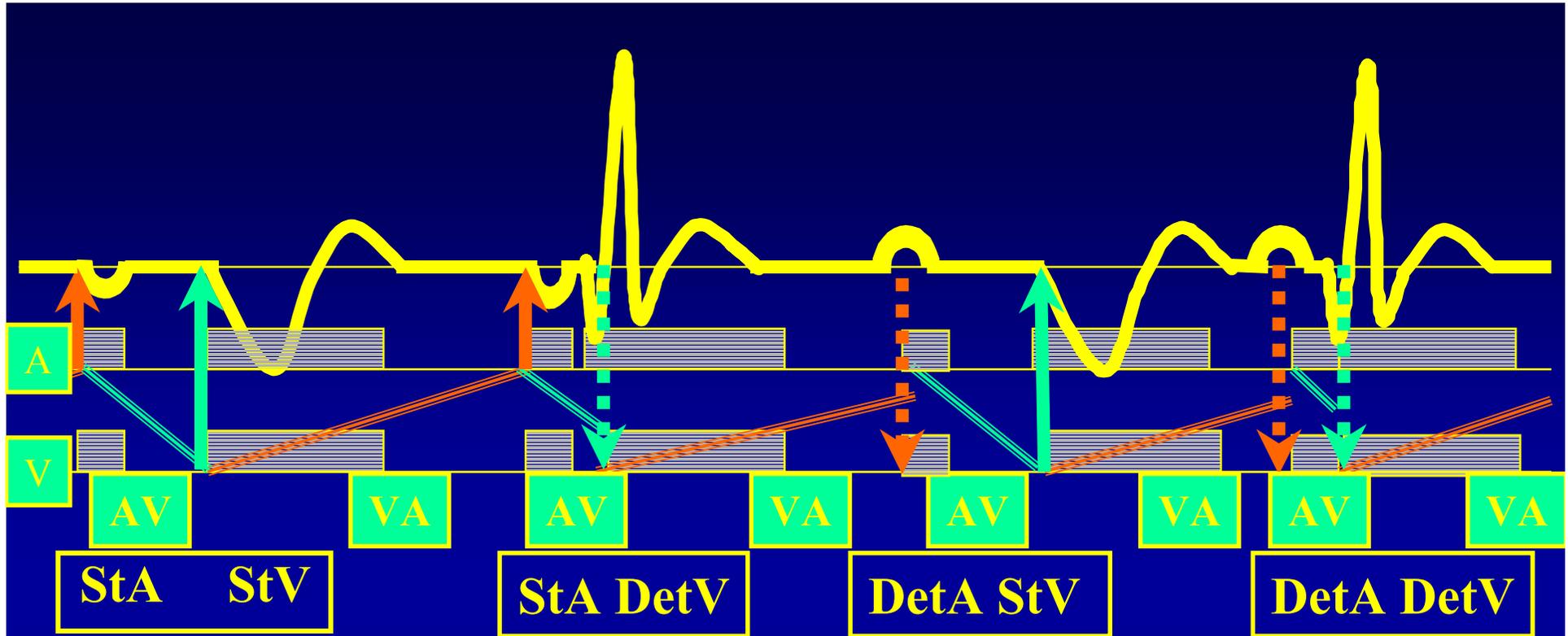


Modes double chambre

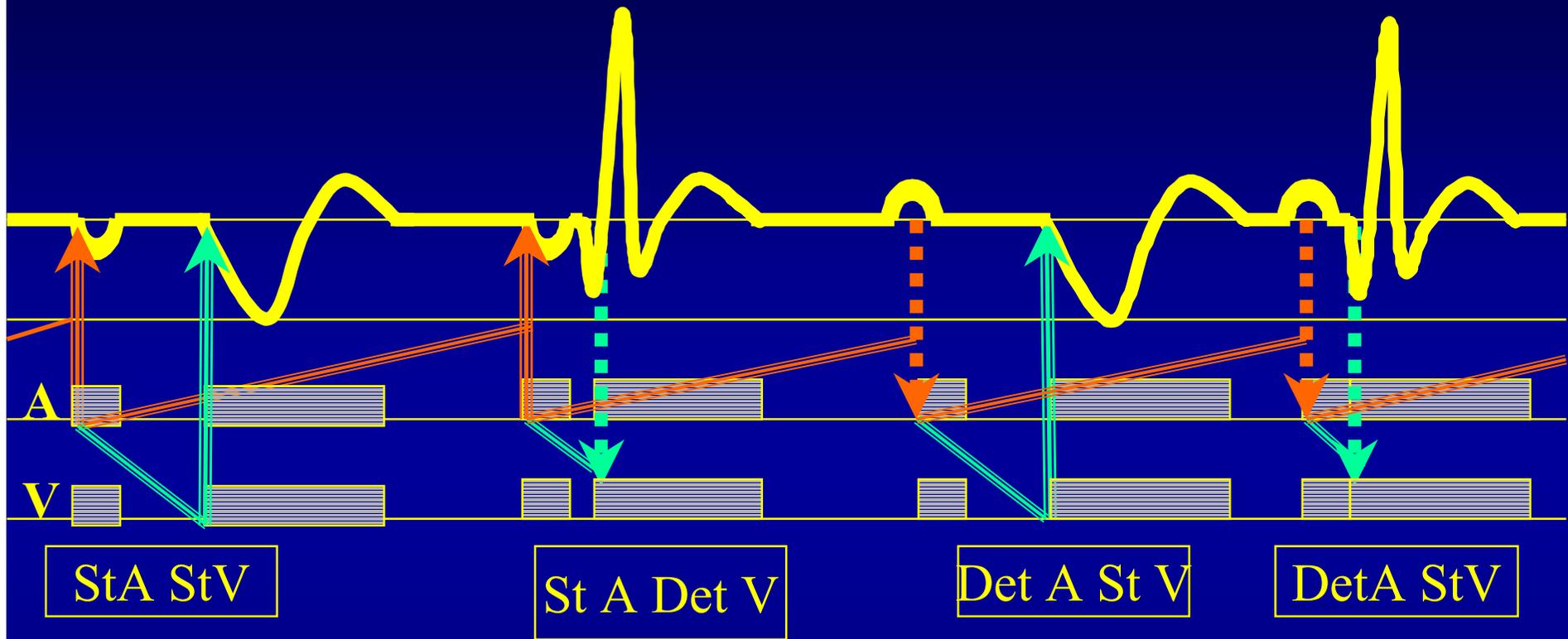
Modes double chambre

	Cavité Stimulée	Detectée	Effet
DDD	Double	Double	Double
DVI	Double	Ventr.	Inhibé
DDI	Double	Double	Inhibé
VAT	Ventr.	Atri.	Trigg. (declenché)





DDD basé sur le ventricule



DDD basé sur l'oreillette

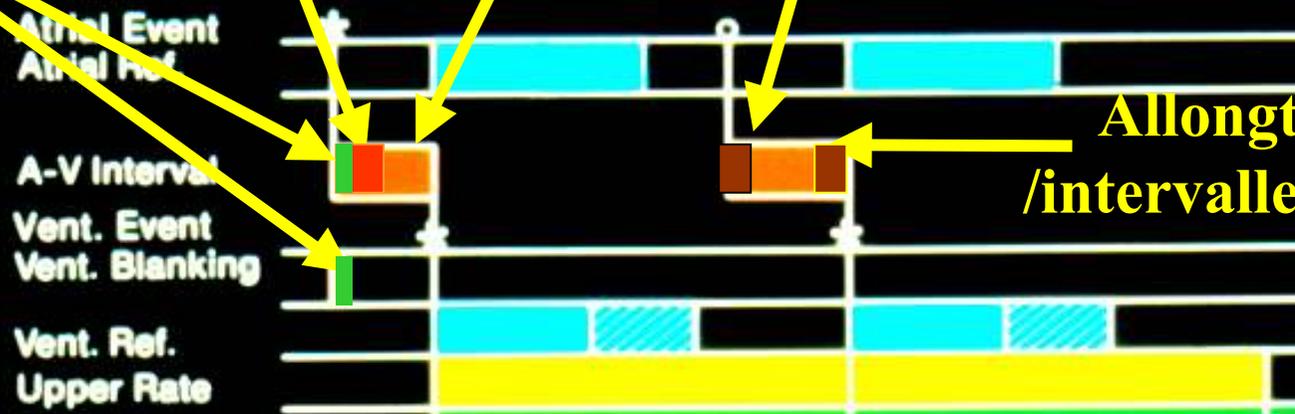
2 Zone de détection d'interférence (zone de sécurité)

TIMING INTERVALS

3 Zone de détection V

1 Blanking V+A /stim atriale

4 Allongt DAV/OD détectée



Allongt DAV
/intervalle RR min

Modes asservis

Modes à fréquence asservie

à un autre paramètre que

la détection atriale

SSI, R
DDD, R

Activité,



En pratique

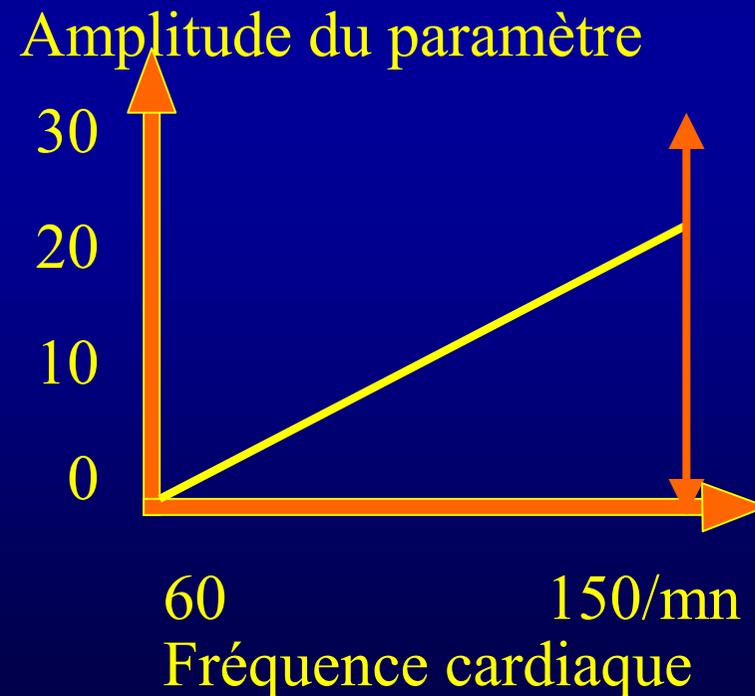
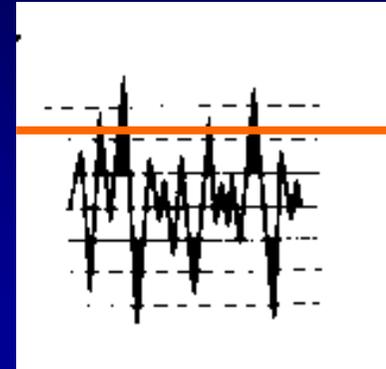
Activité: Quartz piezzo électrique

Déplacements: Accéléromètre

Ventilation minute: Impédance thoracique

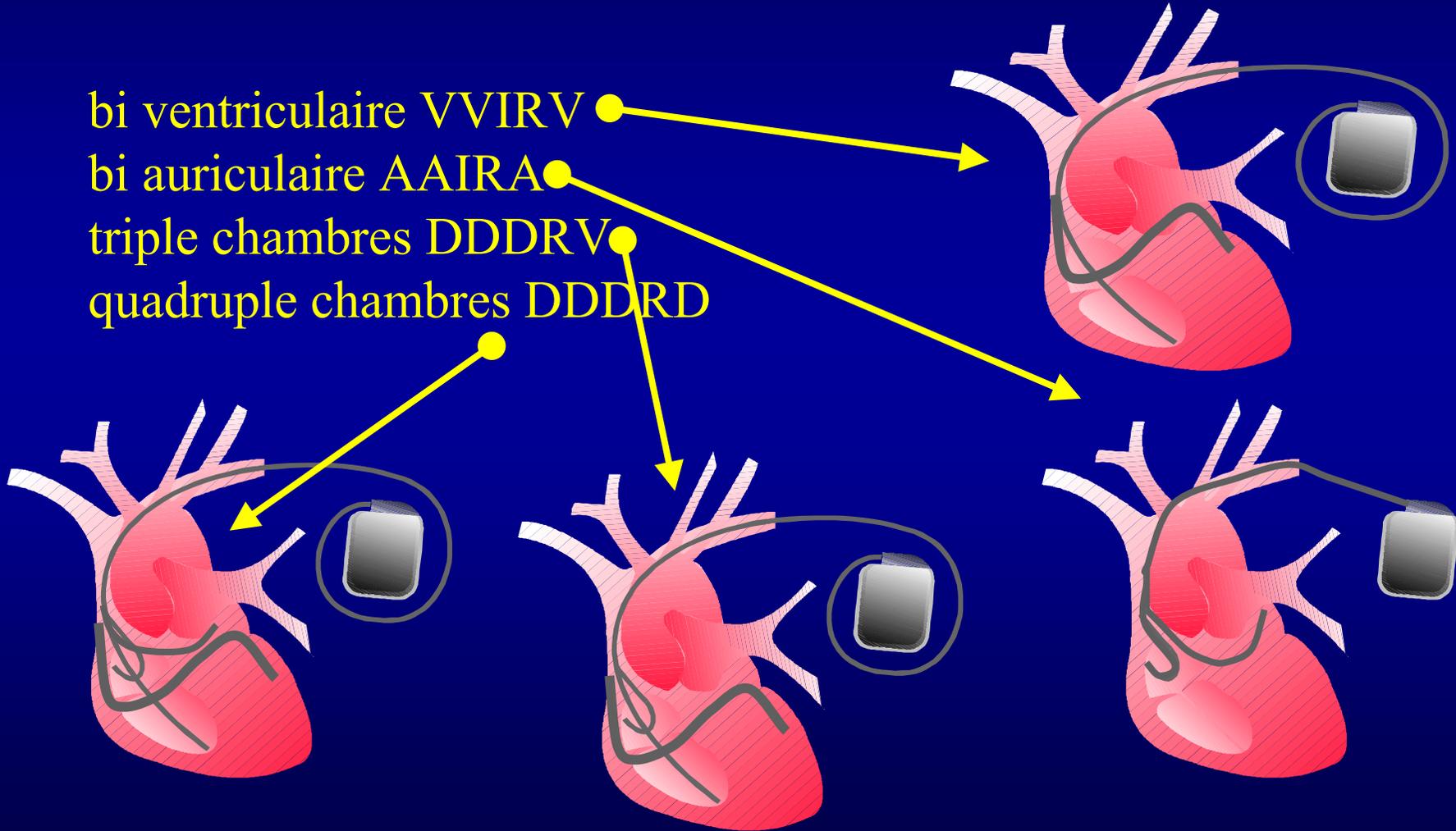
Réglages de l'asservissement

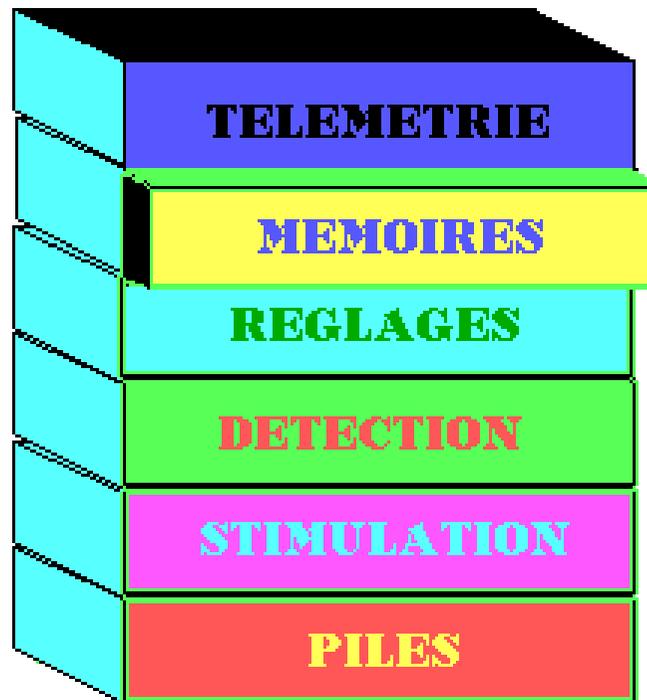
- Seuil de détection: « plus bas, plus sensible »
- Pente: « plus raide, plus rapidement à la fréquence maximale »
- Fréquence maximale



Les modes de resynchronisation

bi ventriculaire VVIRV ●
bi auriculaire AAIRA ●
triple chambres DDDR ●
quadruple chambres DDDR ●





REGLAGES

ETAT BATTERIE ET SONDE

DOSSIER PATIENT

MEMOIRES D'EVENEMENTS

MESURES AUTOMATIQUES

Les mémoires

Réglages...

MODEL SELECTED: SYMBIOS 7005/6

PRINTER ON AT FRI 21 FEB 80 10:45:14AM

TELEMETRY VALUES:

	<u>TEMP</u>	<u>PERM</u>	
MODE:	DOO	DDD	
LOWER RATE:		70	PPM
A-W DELAY:		150	MS
UPPER RATE:		100	PPM
PULSE WIDTH:			
ATRIAL		1.5	MS
VENTRICULAR		1.5	MS
SENSITIVITY:			
ATRIAL		0.5	MU
VENTRICULAR		2.5	MU
AMPLITUDE:			
ATRIAL		5.0	V
VENTRICULAR		5.0	V
REFRACTORY:			
ATRIAL		400	MS
TACHY DETECTED:		YES	
SAFETY PACING :		ON	
TELEMETRY TYPE:		MARKER	
BATTERY:		OK, > 2.3V	

MAGNET CANCELLED

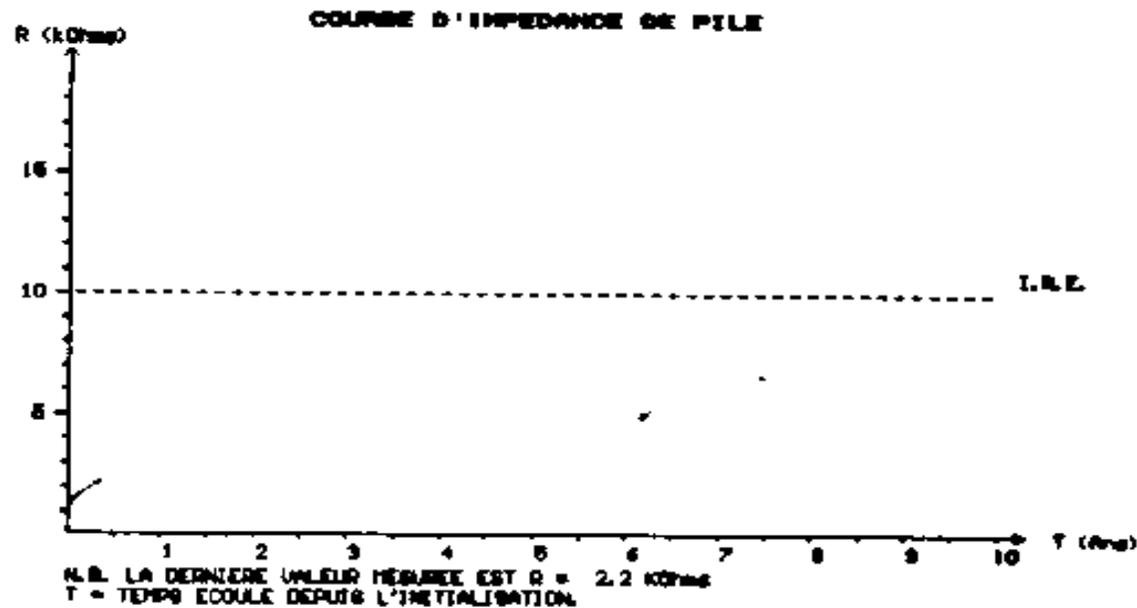
10:48:51

ELA Medical
Ref/S0+/CSD244F01/NS0 2.02b+

1/4/1995 9h42

STIMULATEUR:

Modèle = CHORUS SM 7034
Numéro de série = 210R7042
Date d'implantation = 21/12/1993
Fréquence magnétique = 96.0 min⁻¹
Début de vie = 96 min⁻¹ - I.R.E. = 01.7 min⁻¹



mesures antérieures

Dossier patient

- Nom, date d'implantation, motif....

Mémoires d'évènements

Modèle du stimulateur : Medtronic.SIGMA SDR 306
Numéro de série : PJE620952S

Medtronic.SIGMA Logiciel 9963A4v5.0
Copyright (c) Medtronic, Inc. 1998

Rapport d'interrogation initiale

Page 3

Episodes de fréquence élevée ventriculaire: 2

Date/Heure	Durée hh:mm:ss		Fréq. V. max. (min ⁻¹)
------------	-------------------	--	---------------------------------------

06.01.03 21:23	:02	Le plus long...	384
11.01.03 8:28	:02	Dernier	384

Stimulation (% du total)

AS - VS	< 0.1%
AS - VP	100.0%

Compteurs d'événements

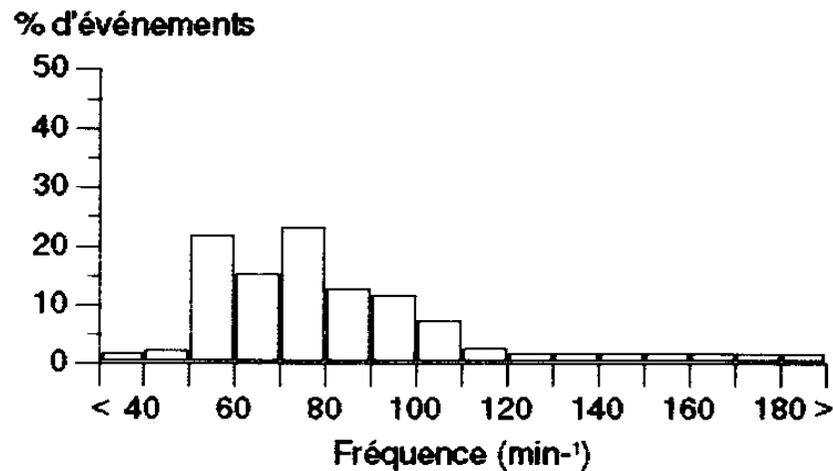
ESV isolées	4,066
Salves d'ESV	10
Salves d'ESA	130

Données rythmiques simples

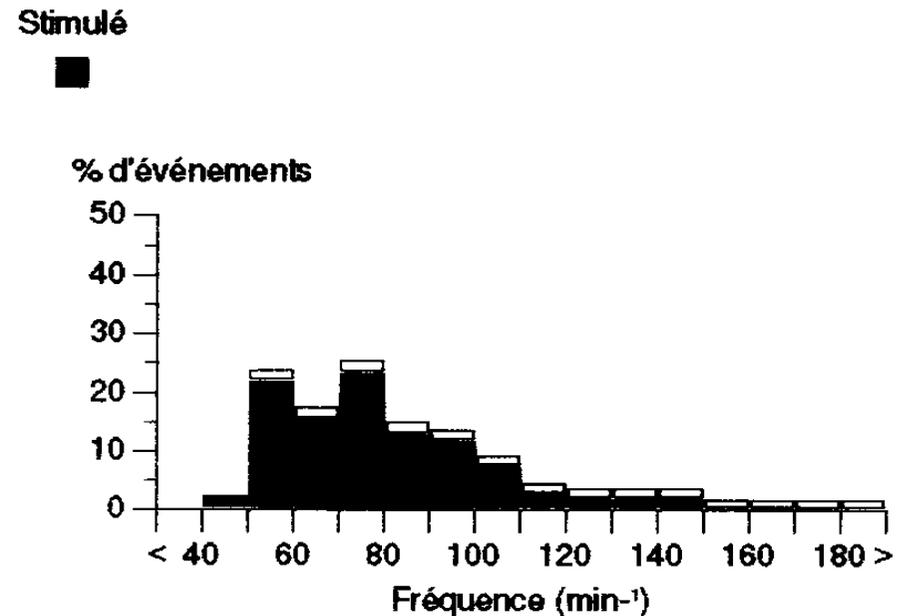
Rapport d'interrogation initiale

Etat clinique: 17.12.02 à 25.01.03

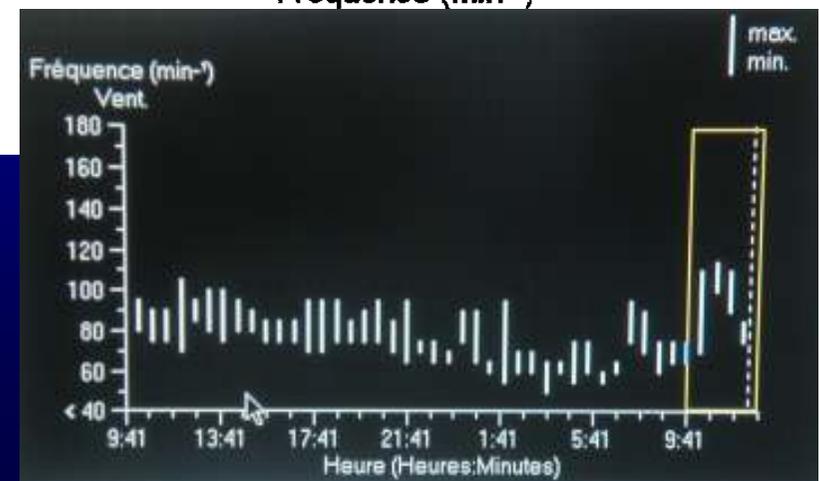
Histogramme atrial



Histogramme ventriculaire

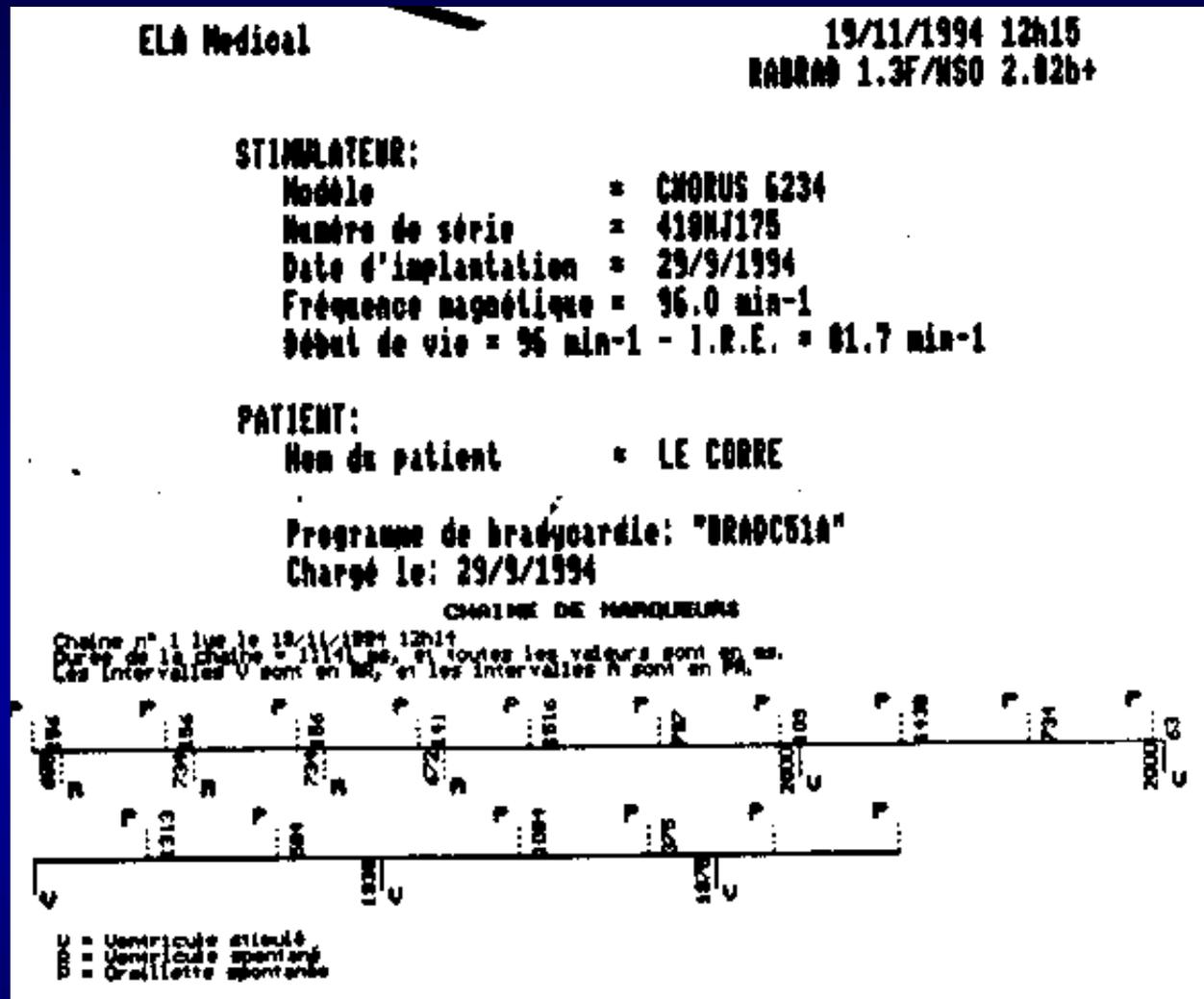


Episodes de fréquence élevée atriale: 0



Histogrammes et tendances

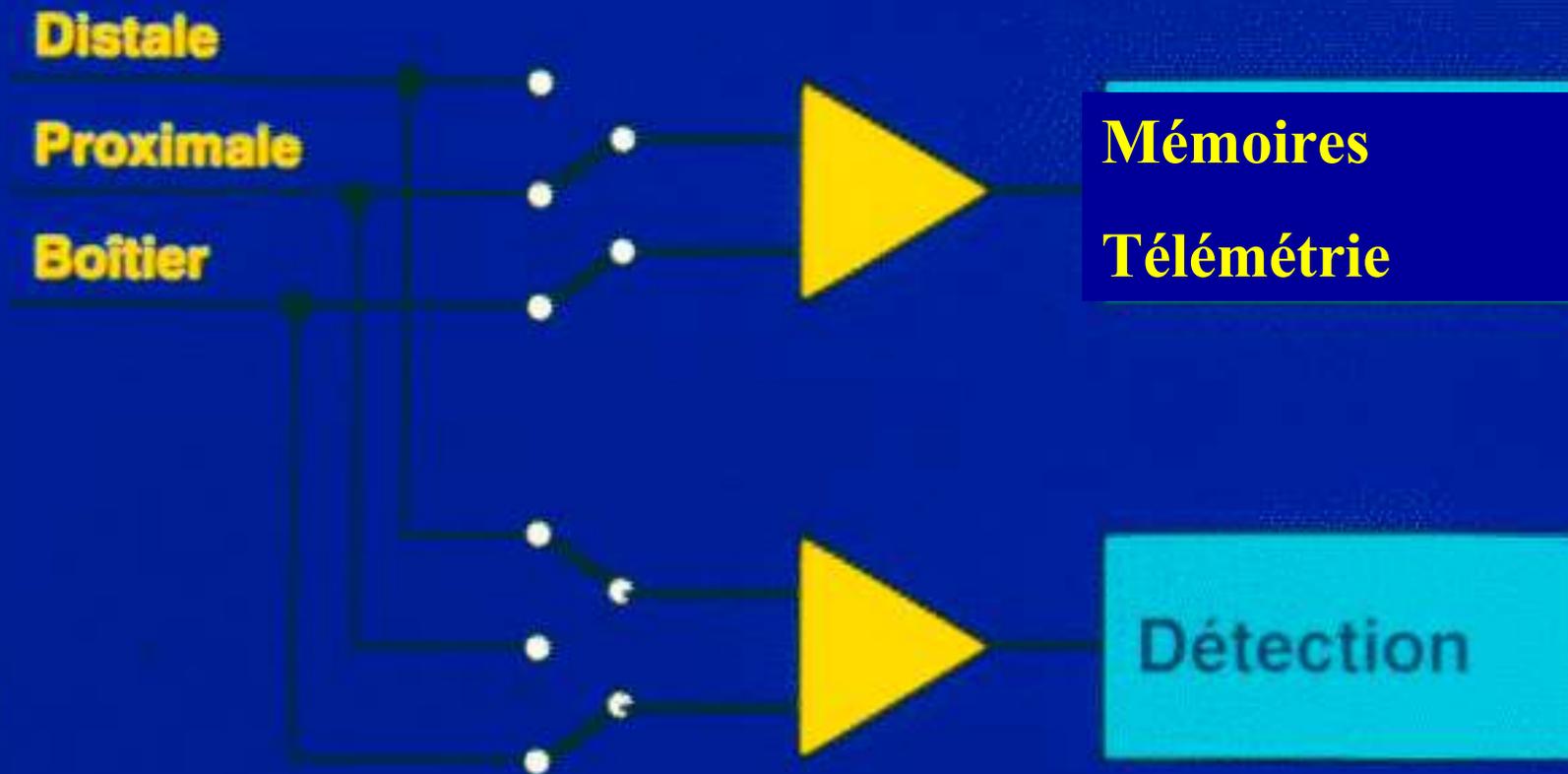
Séquences pré programmées



mémoires d'évènements

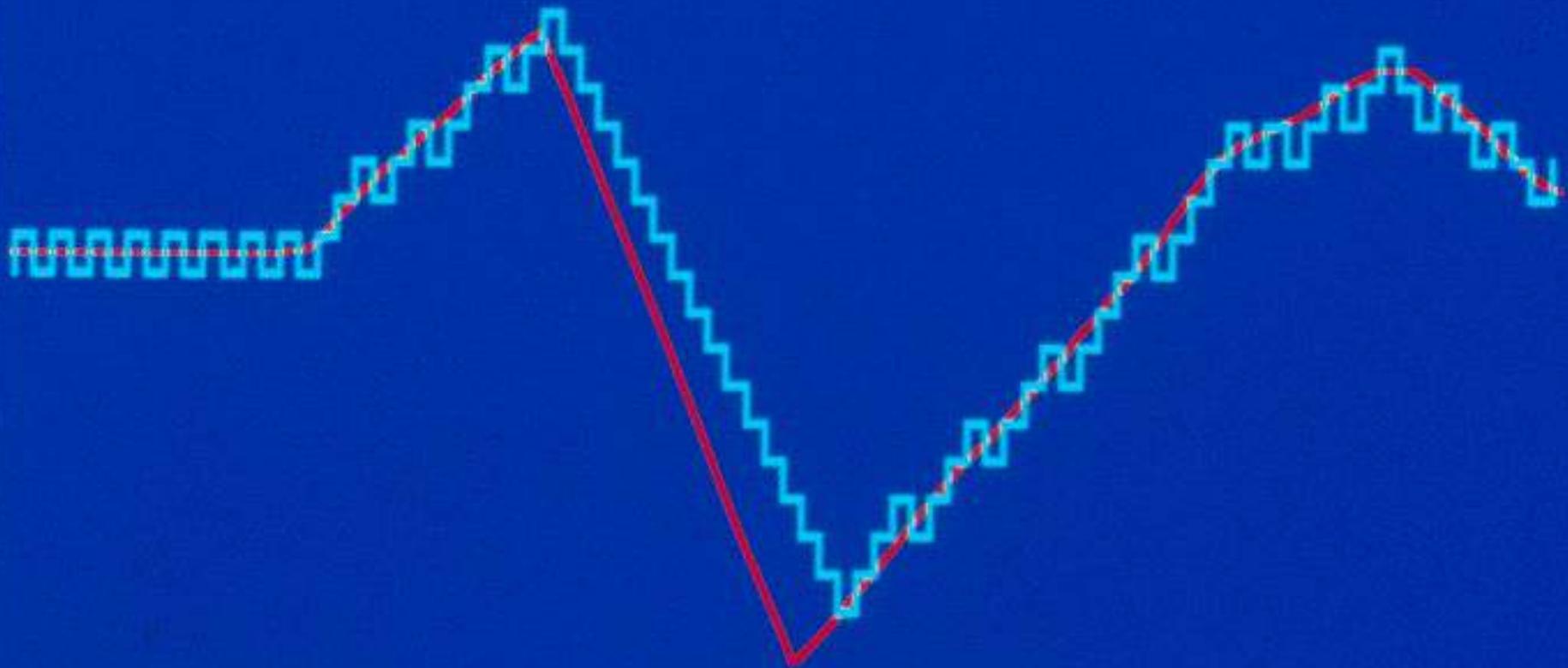
Digitalisation de l'ECG endocavitaire

Circuit ECG séparé



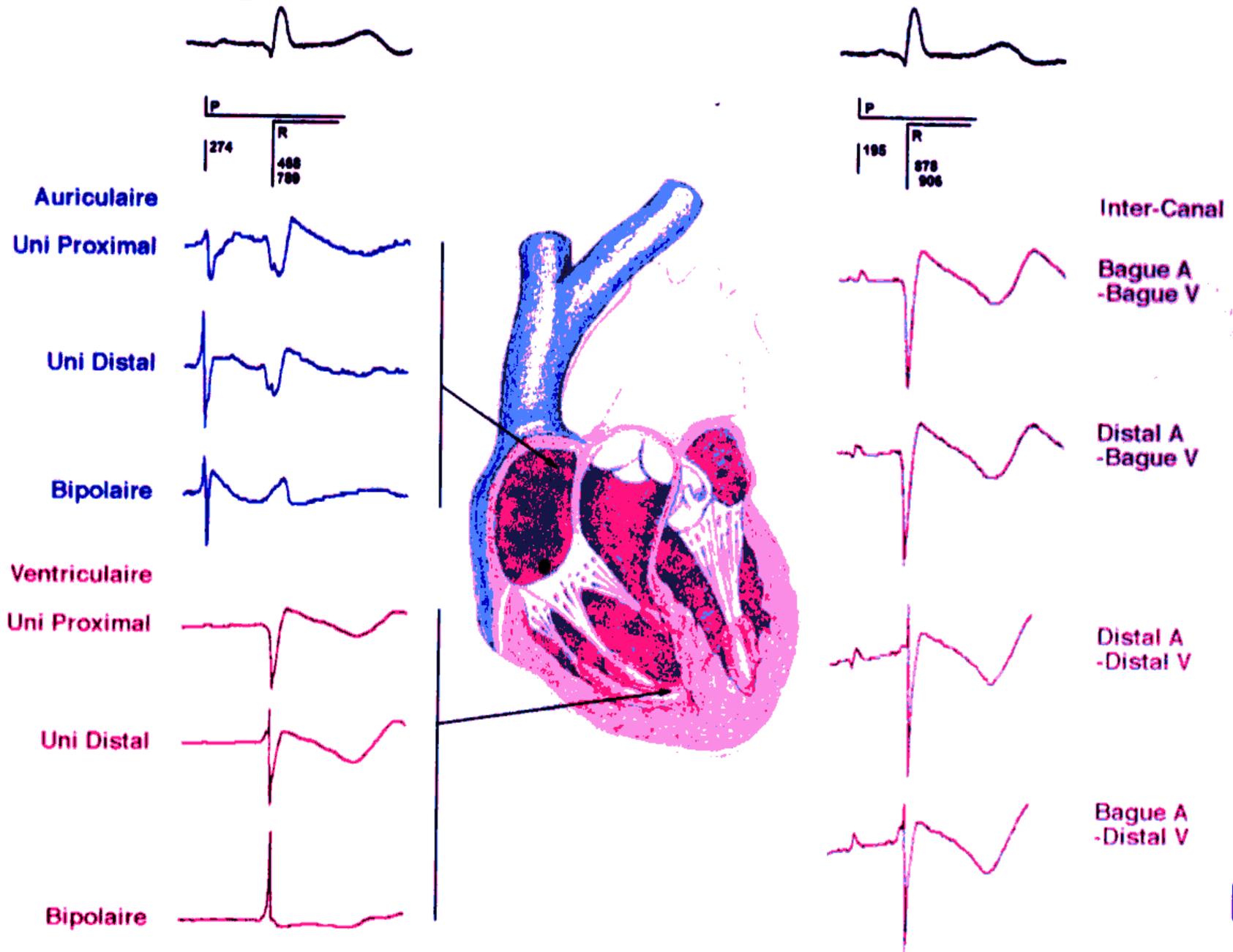
électrogrammes endocavitaires

Digitalisation de l'ECG endocavitaire



10101010101011011010110000000000001110111011011101110101010110

Configurations des EGM mémorisés



Mesures automatiques

- Impédance de sondes
- Amplitudes des électrogrammes
- Seuils de stimulation

DDDR

Kappa KDR700

69 bpm / 867 ms

Marker Annotation



Freeze

Strips...

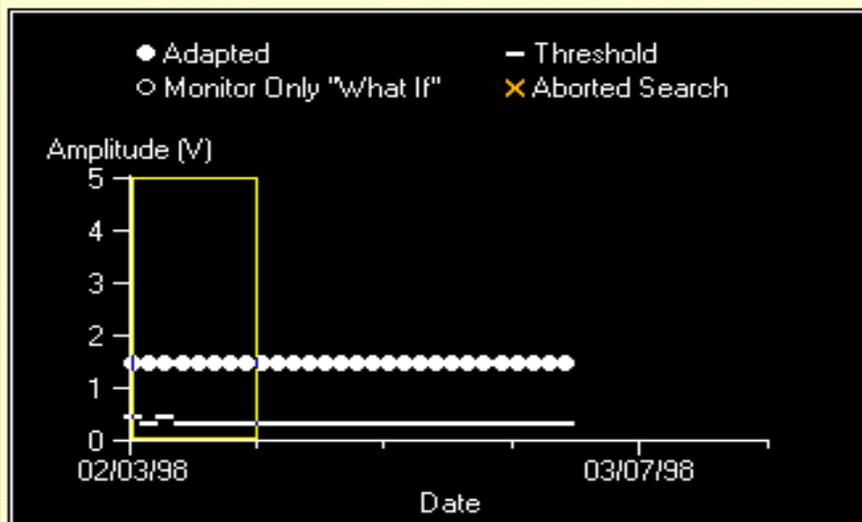
Adjust...

Help...

Collected Data - Graphs and Tables

Clinician Selected - Capture Management Detail

02/03/98 9:05 AM - 03/03/98 8:11 AM



Initial Interrogation

Mode	DDDR
V. Amplitude	1.500 V
V. Pulse Width	0.34 ms
Amplitude Margin	1.5x
Pulse Width Margin	1.5x

Data Collected

Every Day at Rest
 Measured at 1 ms Pulse Width.
 Acute Phase completed - 12/30/97
 Strip available for last search.

- Checklist
- < Data
- Params
- < Tests
- < Reports
- < Patient



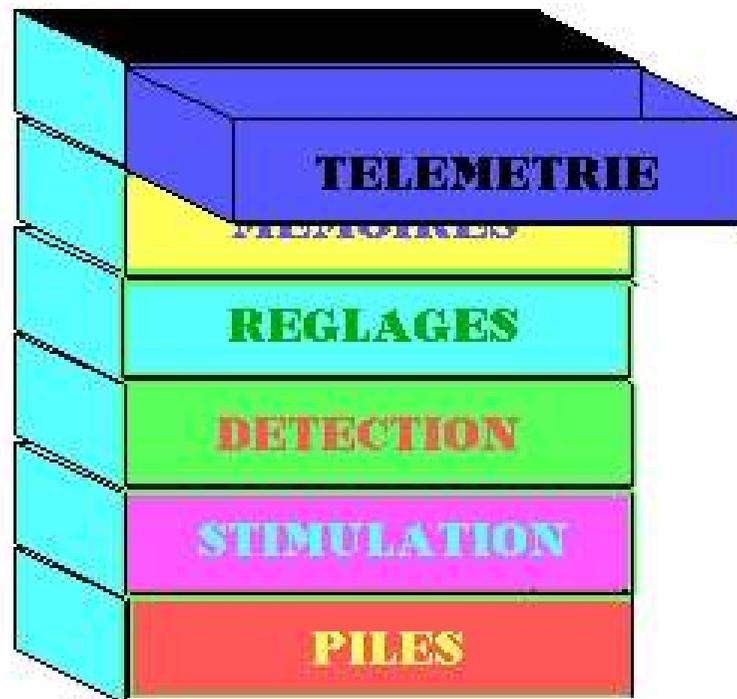
Print...

Close

Emergency

Interrogate...

End Session...



Piles

Sondes

Signaux endo

Seuils

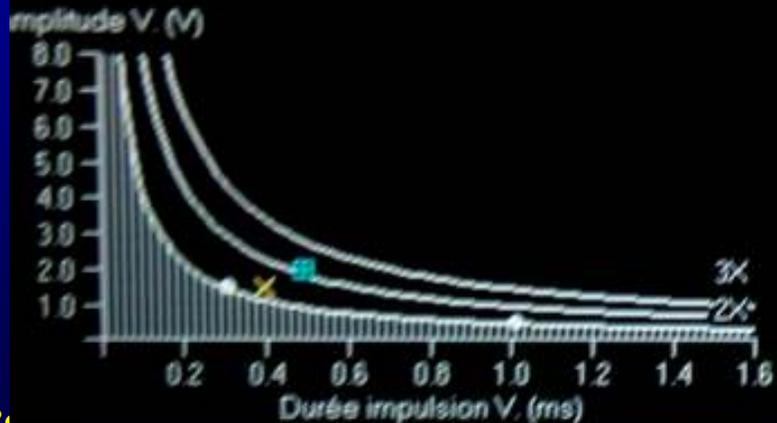
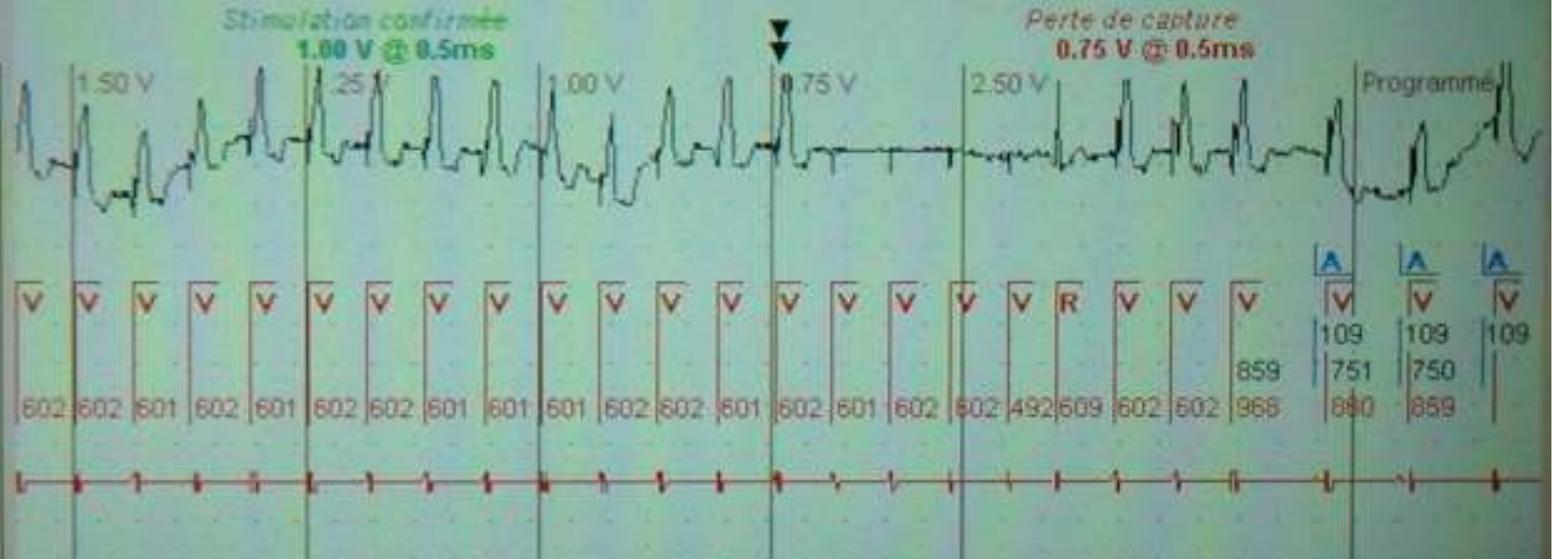
Mesures de seuil

Confirmer le Test de Capture Ventriculaire

ECG de Surface
1 mV/cm
Filtre: Marche

V. Ampli. Délect.
5 mV/cm

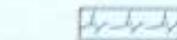
Vitesse défilement
12.5 mm/sec



Les valeurs optimales fournissent un coefficient de sécurité de $2.1 \times$ et une longévité de pile estimée à 115 mois

	Optimale	Permanent
Amplitude V.	2.00 V	1.50 V
Durée d'impulsion V.	0.50 ms	0.40 ms

Valeurs optimisant la durée de la pile



Durée d'impulsion



Amplitude

Imprimer

Retourner à Conf.

Programmer

MEASURED DATA

Pacer Rate _____	58.8	ppm
Magnet Rate _____	68.1	ppm
Ventricular:		
Pulse Amplitude _____	2.8	Volts
Pulse Current _____	5.7	mAmperes
Pulse Energy _____	8	μJoules
Pulse Charge _____	3	μCoulombs
Lead Impedance _____	497	Ohms
Atrial:		
Pulse Amplitude _____	4.2	Volts
Pulse Current _____	8.4	mAmperes
Pulse Energy _____	17	μJoules
Pulse Charge _____	5	μCoulombs
Lead Impedance _____	495	Ohms
Battery Data: (W.G. 8074 - NOM. 2.3 AHR)		
Voltage _____	2.72	Volts
Current _____	20	μAmperes
Impedance _____	1	KOhms

09:02 May 4, 1995

Jun 92

MEASUREMENTS

Longevity > 18 months
Cell Impedance 1950 R

09:02 May

Jun 92

MEASUREMENTS

Longevity >
Cell Impedance
Magnet Rate

Counts 1059 Day

PVC >

Noise
% Paced NA

Measured
Impedance
Amplitude
Threshold A

Telectronics

Pacing Systems

10:10 Jun 13, 1996

tion 4 Jun 92

MESURES

Longévité > 7 mois
Impédance Pile 4550 R
Ecran Aliment 23 cm

10:12 Jan 9, 1997

4 Jun 92

MEASUREMENTS

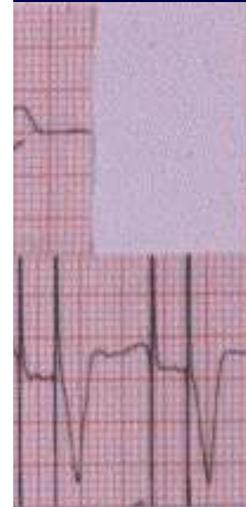
PACEMAKER IS AT END OF LIFE
Current operating state:
Mode > VVI

MESURES AURICULAIRES:

Tension	=	2.42	U
Intensité	=	3.86	mA
Impédance	=	626	Ohms
Energie	=	9.11	µJoules
Polarité	=	UNI	
Largeur	=	0.98	ms

ELA Medical
PROGRAMMATEUR CS0 2.46F V2

27/9/1996 11h41
Ref//A1.1F/2.02b+

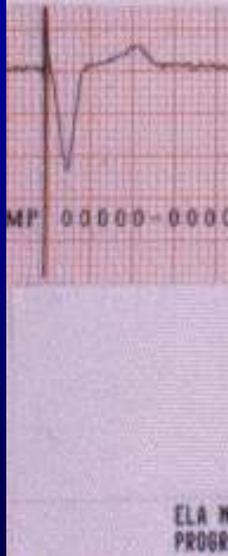


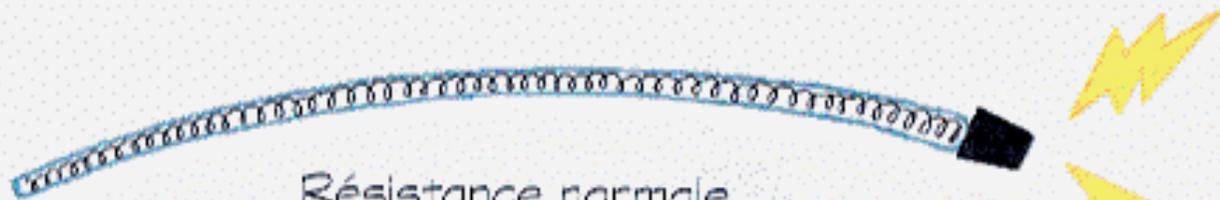
MESURES AURICULAIRES:

Tension	=	2.73	U
Intensité	<	0.91	mA
Impédance	>	3	KOhms
Energie	<	2.43	µJoules
Polarité	=	UNI	
Largeur	=	0.98	ms

ELA Medical
PROGRAMMATEUR CS0 2.50 F

20/12/1996 11h53
Ref//A1.2F/2.02b+





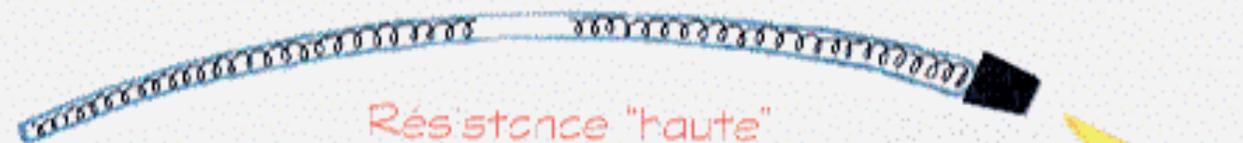
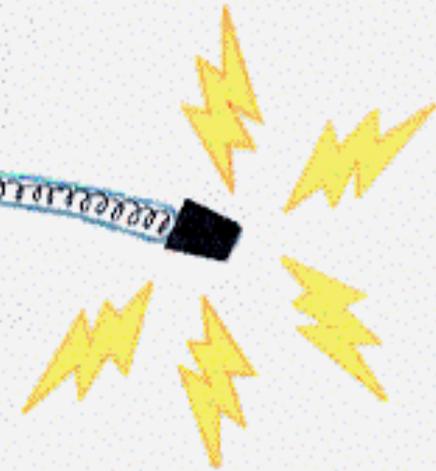
Résistance normale
500 à 1 000 Ohms

Courant normal



Résistance "basse"
< 250 Ohms

Courant "haut"
(= rupture de la
gaine isolante)

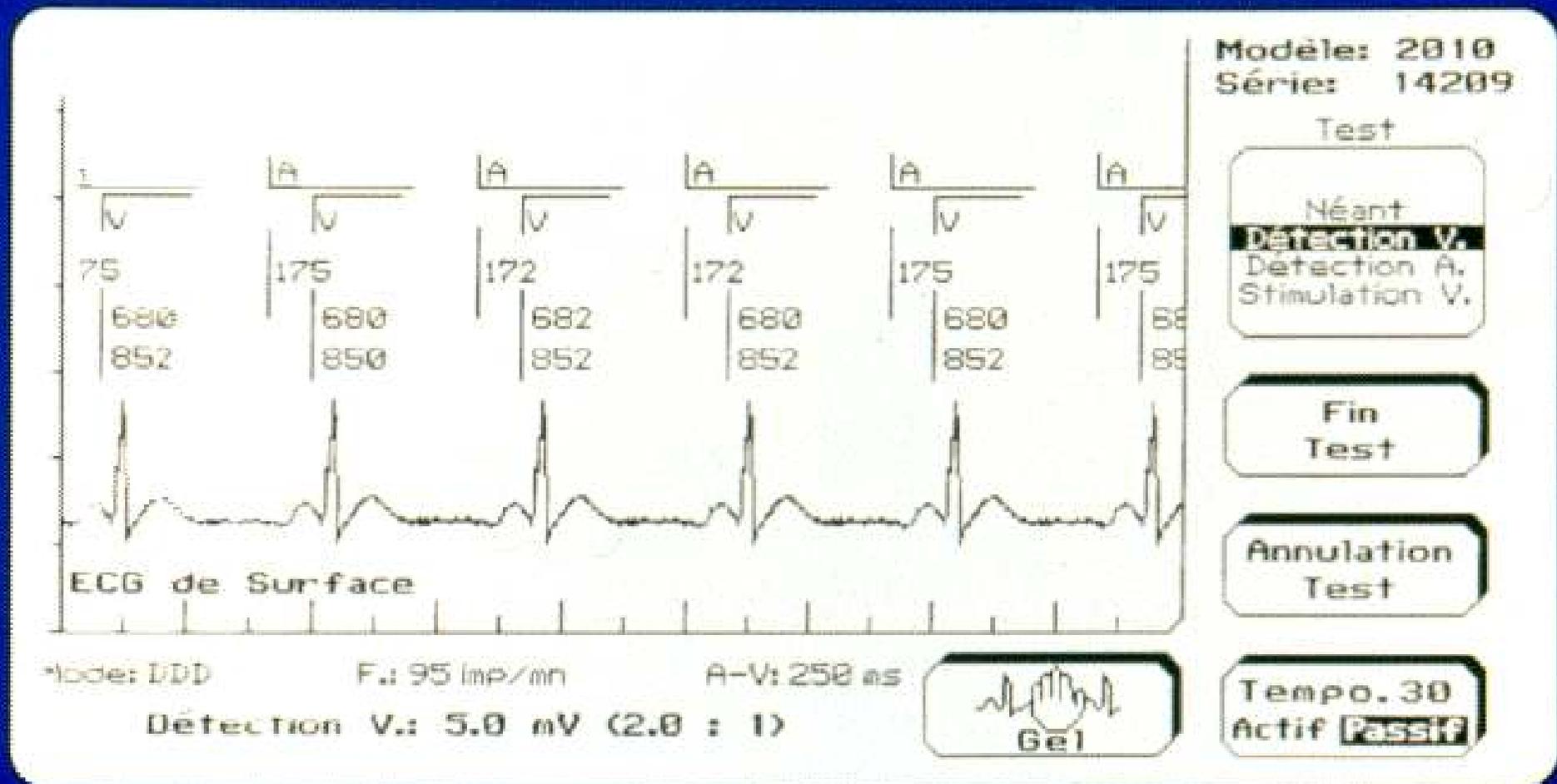


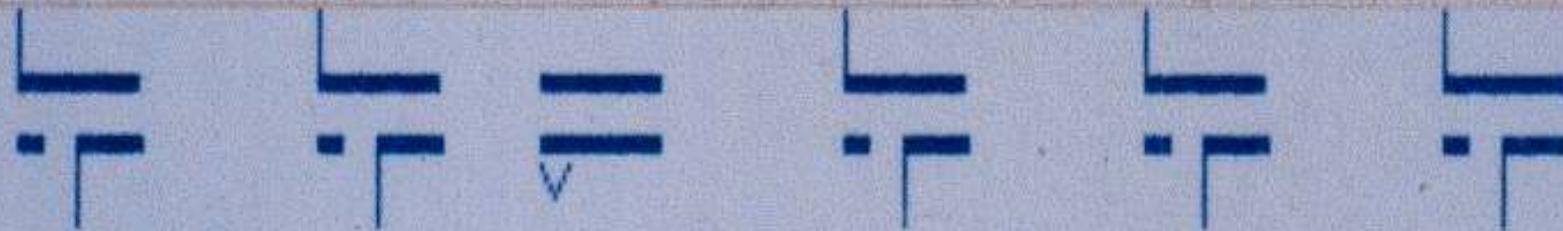
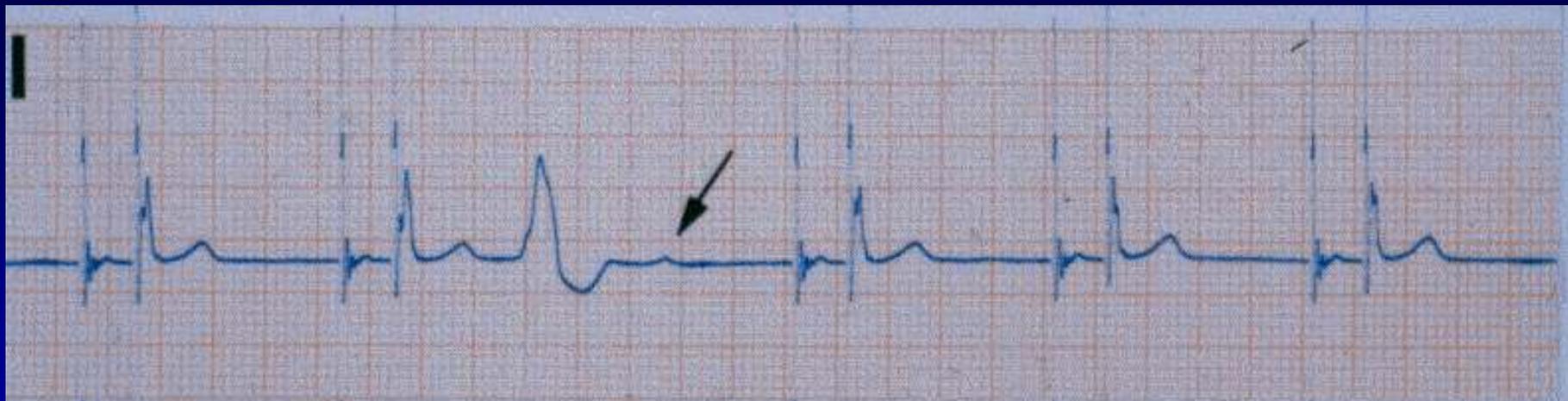
Résistance "haute"
> 2 000 Ohms

Courant "bas"
(= rupture du fil
conducteur)



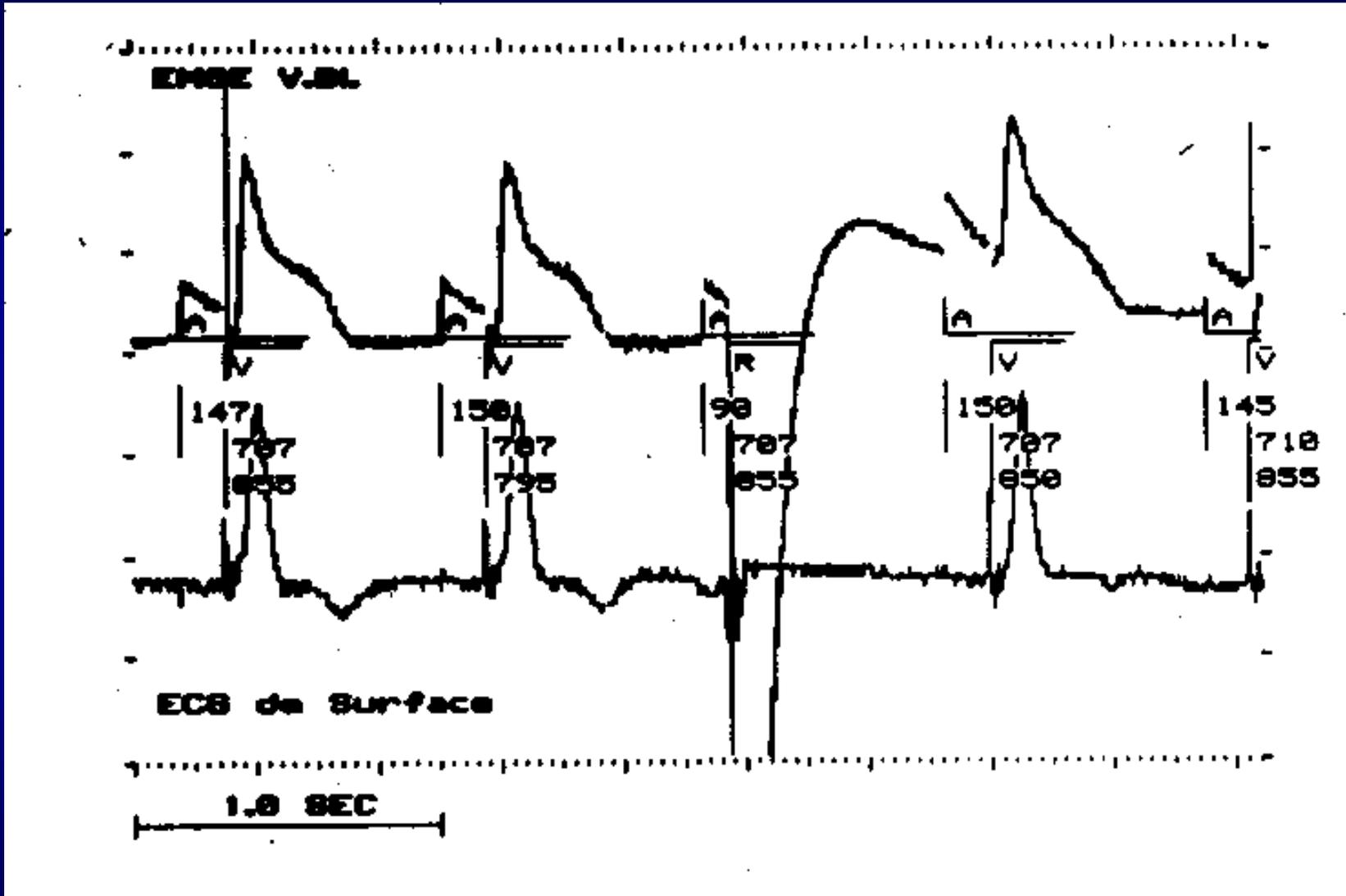
ECG de surface et Marqueurs



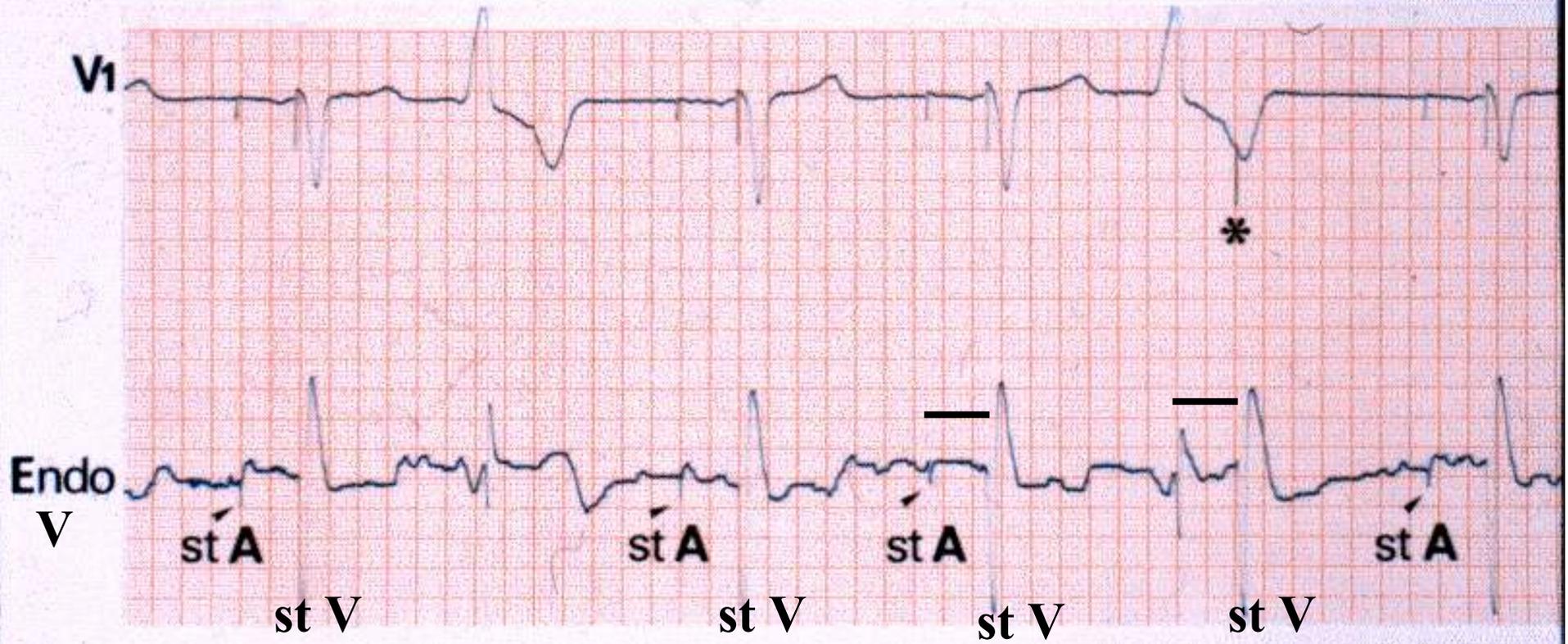


Mode.....		DDD
Rate.....	PPM	60-150
Output.....	V	5.0
Atrial pulse dur.....	ms	0.5
sensitivity.....	mV	1.5
Ventr. pulse dur.....	ms	0.5
sensitivity.....	mV	1.0

Paper speed : 25mm/s



Electrogrammes



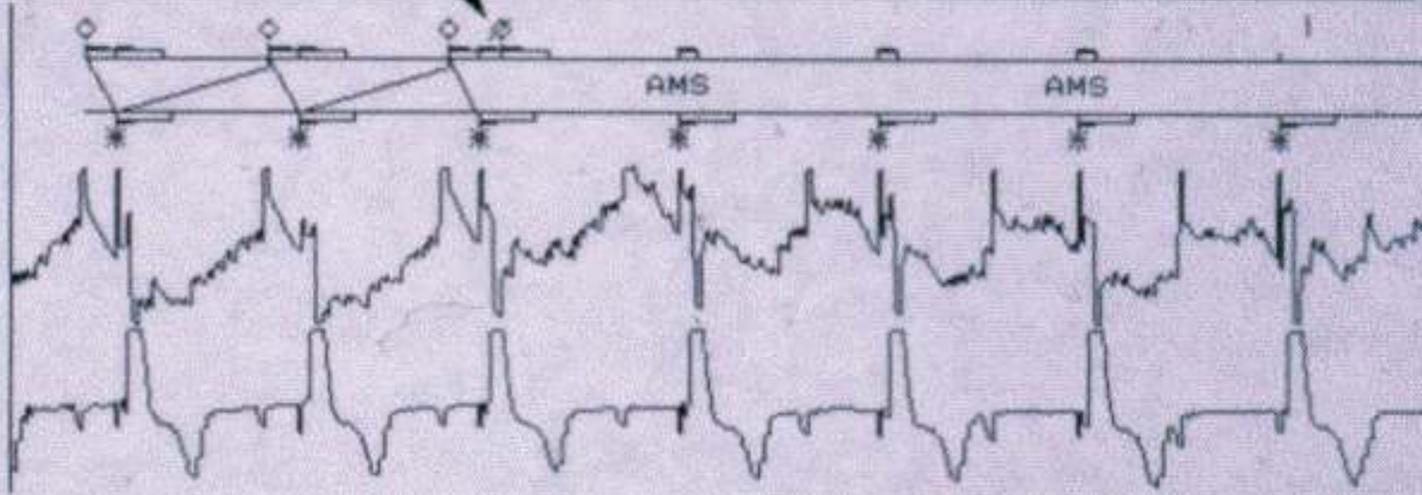
Patient:

10:02 Apr 14

Pacer : META DDR 1250 #U1680263 Implant 10 Apr

Events
* Pace
○ Sense
x Noise

DDDR



Speed 25 mm/s

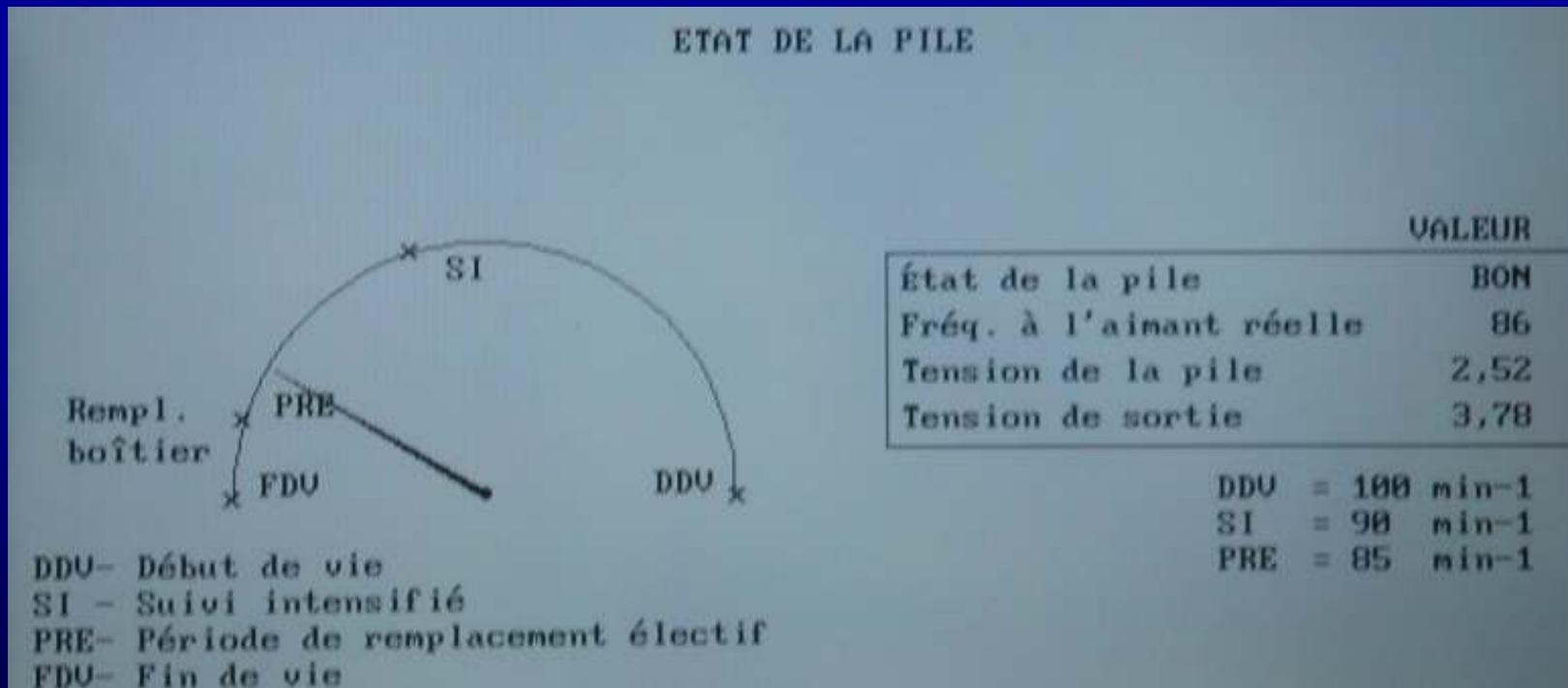
Telectronics

Pacing Systems

9600 v3.85WE

Etat de la pile....

Quand faut-il changer le stimulateur?



Les signes d'épuisement des stimulateurs cardiaques

- Chaque fabricant a ses critères, basés sur le voltage, et/ou l'impédance de la pile, qui font apparaître le message "ERI", puis "EOL"

Quand l'impédance de la pile arrive à $10\text{ K}\Omega$

Quand son voltage descend en dessous de 2,5v

Les signes d'épuisement des stimulateurs cardiaques

A ce moment

- Passage de DDD en VVI
- Fréquence fixe
- Non reprogrammable
- Durée restante???

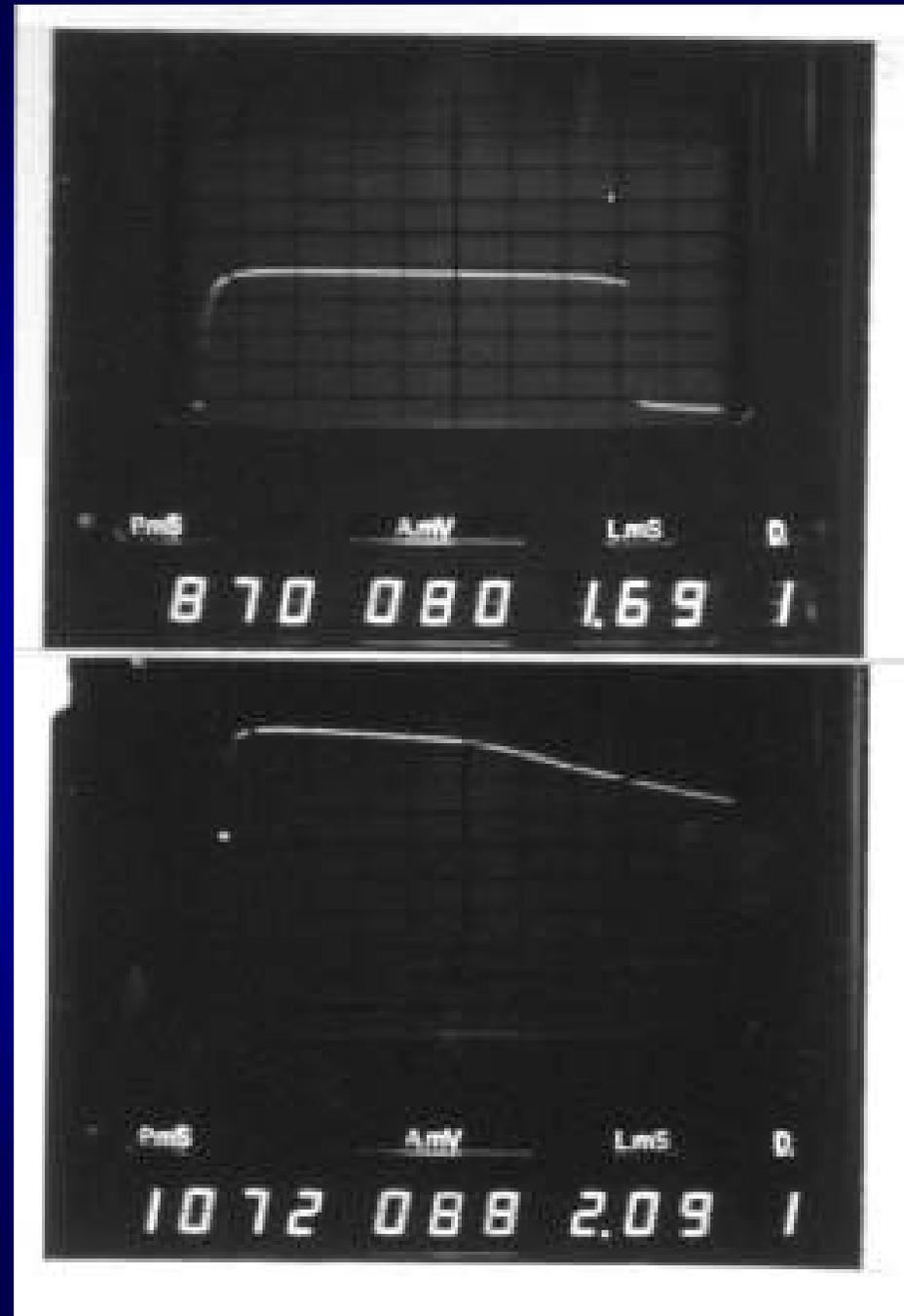
Télémetrie sans programmeur?

L'ECG pour l'analyse du fonctionnement
Photoanalyse de la durée de l'impulsion
Et le test à l'aimant pour l'état de la pile....

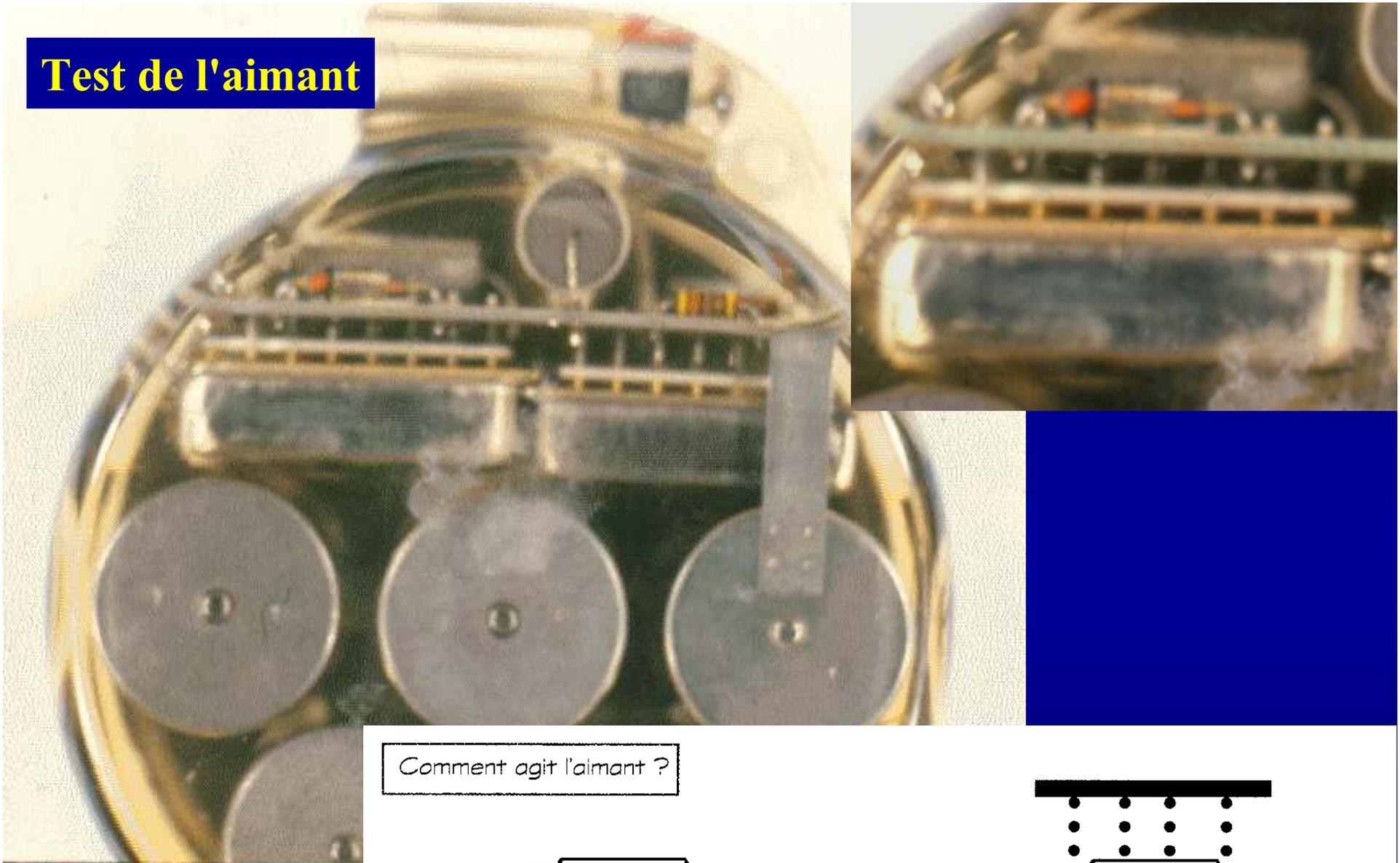


Photoanalyse

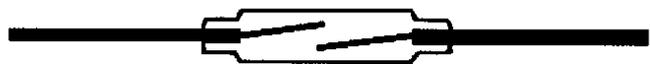
Avant l'ère de la télémétrie



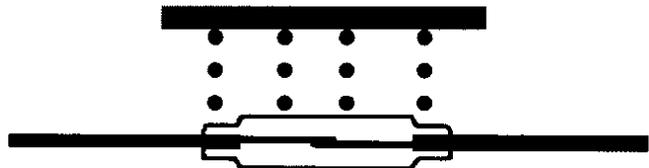
Test de l'aimant



Comment agit l'aimant ?

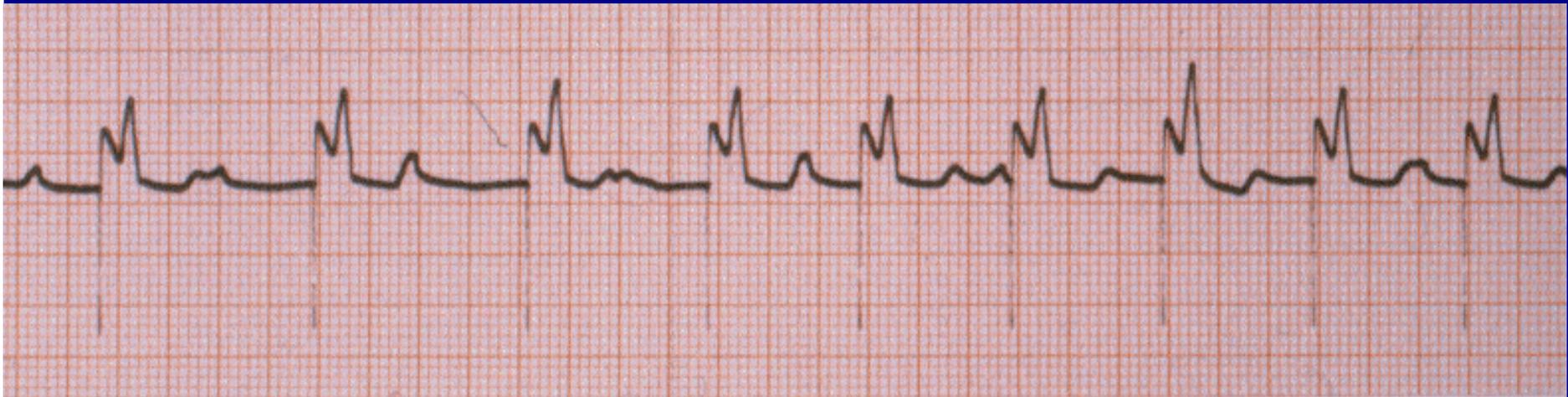


Interrupteur à lames souples.



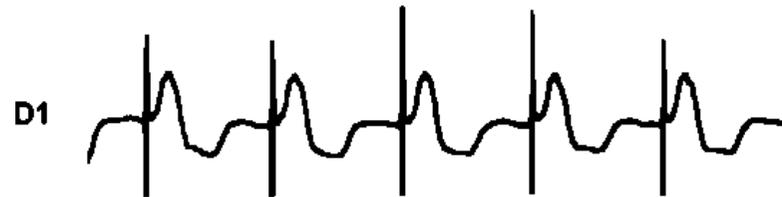
Les lames se collent sous l'action de l'aimant et déclenchent une stimulation asynchrone.

Aimant



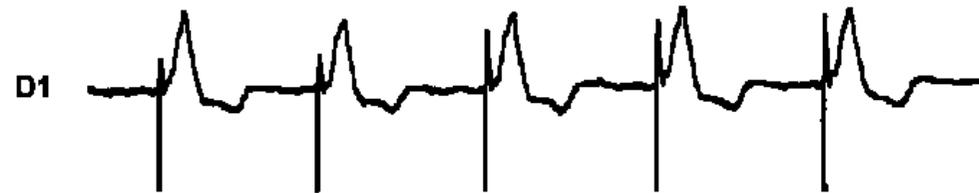
5 à 10% ralentissement sous aimant=pile épuisée...

Fréquence sous aimant 1993 : 96 cpm, Pile neuve.



625 ms

Fréquence sous aimant 2001 : 75 cpm, PM épuisé.

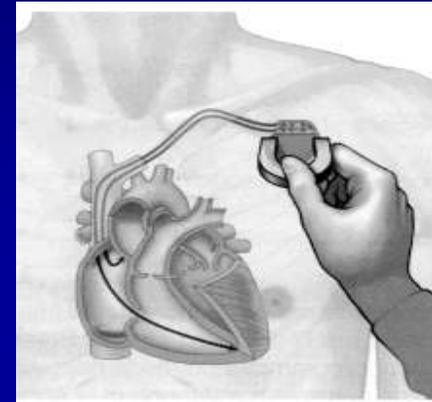


800 ms

Allongement de la période sous aimant $> 10\%$
= Indicateur de remplacement

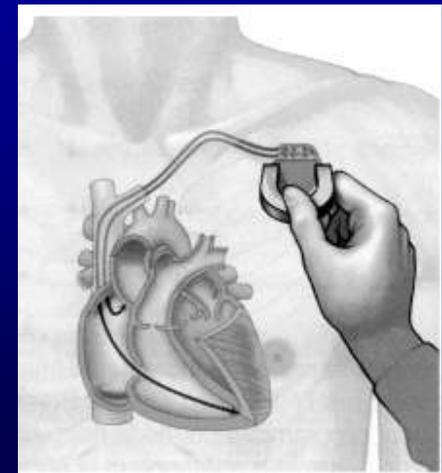
La fréquence sous aimant ne bouge pas avant ERI

- Biotronik
- Medtronic
- Vitatron



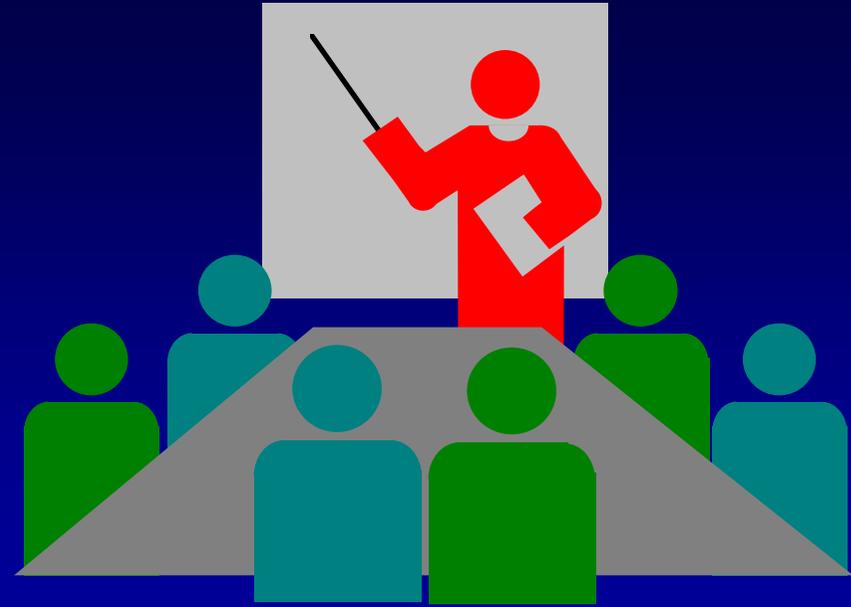
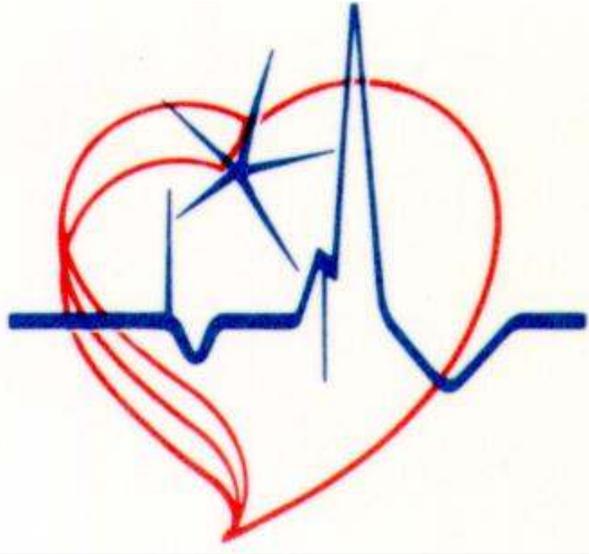
La fréquence sous aimant bouge progressivement avant ERI

- Guidant
- St Jude
- ELA (à partir de $5K\Omega$)
- SORIN (à partir de $3 K\Omega$)





Robert FRANK
DIU 2007



**Merci
de votre attention!**

