

Les pacemakers peuvent-ils plonger ?

Vincent LAFAY*, Jacques Alexandre TRIGANO,
Bernard GARDETTE, Christophe MICOLI,
François CARRE

* CHP Résidence du Parc, CHU Salvator, COMEX
MARSEILLE

vincent.lafay@medecins-saint-antoine.fr

Recherche financée par le
Club des Cardiologues du Sport



Quel est le problème ?

- **De plus en plus de plongeurs**
De plus en plus âgés et peu entraînés
- **De plus en plus de pacemakers**
De plus en plus complexes

→ **Quid quand les 2 se rencontrent ?**



Etat des lieux en France

- **FFESSM: CI définitive:**
BAV II ou complet, non appareillés



➔ ??? !!!

- **Commission de sécurité des consommateurs (avis du 30/10/1996)**
« La plongée sous-marine est à éviter avec des stimulateurs comportant des capteurs piézoélectriques sensibles à la pression »



Etat des lieux aux USA

Professional Association of Diving Instructors

- Existe-t-il d'autres contre-indications ?
- Le plongeur peut-il satisfaire aux critères de performance?

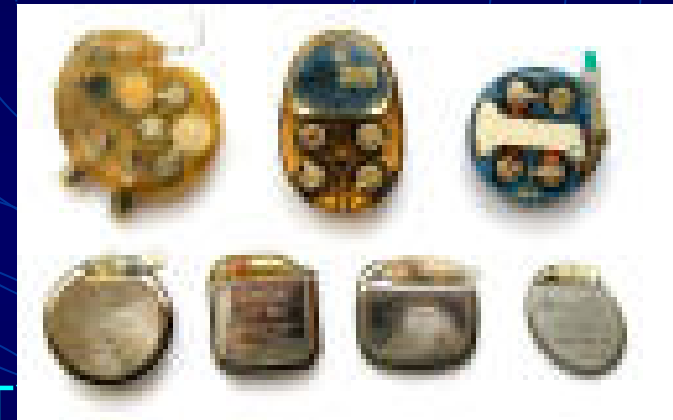
*** Remarque : Les stimulateurs cardiaques doivent être certifiés par le fabricant pour résister aux changements de pression rencontrés au cours de plongées sportives (130pieds/ 40 m)**



Etat des lieux en Grande Bretagne

UK sport Diving Medical Comitee

- Défibrillateurs, PM anti-tachycardiques: CI à la plongée
- Sinon, OUI si:
 - Asymptomatique
 - Absence d'autre cardiopathie
 - Capable d'un effort sous maximal (80% FMT)
 - Aucune lésion pleuro-pulmonaire lors de l'implantation
 - Pace Maker « plein » (résine) et non boîtier « vide » (air ou gaz)
 - Le Pace Maker a été préalablement testé
 - Profondeur maxi à 10m de moins que la profondeur testée



Données scientifiques

- **Hervé Douard** (Stimucœur, 1998, 26(3): 90-4)
 - 40 boîtiers récupérés, en état de marche
 - Programmation initiale commune
 - Plongée réelle de > 5 min à < -30m
 - Plongée simulée en caisson à -30 et -60m
- Pas de modifications des paramètres programmables
- Déformation sur un boîtier (Sensolog III)
- Augmentation chronotrope en cas de capteur piézoélectrique (FC 153 +/- 56) ou un accéléromètre (FC 85 +/- 38)
- Mais étude en temps différé, limitée par la capacité mémoire des appareils



Données des fabricants

- **Sporadiques ... et souvent confidentielles**
- **Vitatron Collection II et Vita testés jusqu'à 11 m**
- **Medtronic (Thera, Prodigy, Elite II) ne doivent pas être utilisés au-delà de 30m**
- **Intermedics Dash 292-03 a été testé jusqu'à 60 m.**
C'est le seul recommandé jusqu'à 50 m à l'air.

PT Wilmshurst, *Heart* 1998;80:537–538



Buts de l'étude

(Br. J. Sports Med. 2008, 42: 212-6)

- **Analyser le comportement de plusieurs modèles en hyperbarie**
 - **Tolérance: étanchéité**
 - **Tolérance: mécanique**
 - **Tolérance: électronique**
 - **paramètres de stimulation**
 - **comportements des systèmes d'accélération**
 - **comportements des logiciels embarqués**



Protocole

- **Plongées simulées en caisson humide**
- **Deux séries de 20 pacemakers**
 - 1 plongée à 30 m puis, après 1 mois, 60 m
 - 1 plongée directe à 60 m
- **Suivi de la plongée en temps réel**
- **Mesures de fonctionnement**
- **Mesures de déformation**



Montage expérimental



Montage expérimental



Résultats fonctionnels à 30 et 60 m

Trade Mark	Ê		Surface			30 msw / 98 fsw			C 1	60 msw / 197 fsw			C 2
	Series	Model	Prog	Rate	Dysf	Accel	ST	Dys		Accel	ST	Dys	
Ela	Talent	113	VVIR	65	0	0	OK	0	OK	0	OK	0	OK
Ela	Talent	213	DDDR	65	0	0	OK	0	OK	0	OK	0	OK
Ela	Rhapsody	2210	SSIR	65	0	+ 12	OK	0	OK	+ 15	OK	0	OK
Ela	Rhapsody	2530	DDD	65	0	0	0	0	OK	0	0	0	OK
Ela	Symphony	2550	DDDR	60	0	0	OK	0	OK	0	OK	0	OK
Guidant	Pulsar	972	VVIR	60	0	0	OK	0	OK	0	OK	0	OK
Guidant	Pulsar	972	DDD	60	0	0	0	0	OK	0	0	0	OK
Guidant	Pulsar	1170	VVIR	60	0	+ 7	OK	0	OK	+ 20	OK	0	OK
Guidant	Insignia	1194	VVIR	60	0	0	OK	0	OK	0	OK	0	OK
Medtronic	Thera	7962i	DDDR	48	0	+ 4	OK	0	OK	0	0	0	OK
Medtronic	Kappa	kdr 731	DDDR	63	0	+ 40	OK	0	OK	+ 35	OK	0	OK
Medtronic	Kappa	kdr 731	DDDR	70	0	+ 10	OK	0	OK	+ 25	OK	0	OK
Medtronic	Kappa	Kdr 731	DDDR	60	0	+ 18	OK	0	OK	+ 20	OK	0	OK
Medtronic	Kappa	kdr 731	DDDR	90	0	+ 10	OK	0	OK	+ 20	OK	0	OK
St Jude	Identity	5172	VVIR	64	0	0	OK	0	OK	0	OK	0	OK
St Jude	Identity	5370	DDDR	60	0	0	OK	0	OK	0	OK	0	OK
St Jude	Identity	5380	DDDR	60	0	0	OK	0	OK	0	OK	0	OK
St Jude	Affinity	5330	DDDR	60	0	0	OK	0	OK	0	OK	0	OK
St Jude	Affinity	5330	DDDR	60	0	0	OK	0	OK	0	OK	0	OK
St Jude	Microny SR+	2525T	VVIR	60	0	0	OK	0	OK	0	OK	0	OK



Résultats fonctionnels à 60 m

Trade Mark	Series	Model	Pre-test			60 msw / 197 fsw			1 Month
			Prog	Rate	Dysf	Accel	ST	Dysf	Dysf
Ela	Brio	212	DDD	60	0	0	0	0	0
Ela	Talent	213	DDDR	65	0	0	OK	0	0
Ela	Symphony	2550	DDDR	60	0	0	OK	0	0
Guidant	Pulsar	972	DDD	60	0	0	0	0	0
Guidant	Pulsar	1270	DDDR	75	0	+ 25	OK	0	0
Guidant	Pulsar	1270	DDDR	60	0	0	OK	0	0
Medtronic	Kappa	kdr 731	DDDR	90	0	+ 20	OK	0	0
Medtronic	Kappa	kdr 731	DDDR	80	0	+ 17	OK	0	0
Medtronic	Kappa	kdr 931	DDDR	75	0	+ 10	OK	0	0
Medtronic	EnPulse	E2VDD01	VVIR	65	0	+ 15	OK	0	0
St Jude	Identity	5376	DDDR	60	0	0	OK	0	0
St Jude	Identity	5376	DDDR	60	0	0	OK	0	0
St Jude	Affinity	5230	DDD	60	0	0	0	0	0
St Jude	Affinity	5330	DDDR	60	0	0	OK	0	0
St Jude	Affinity	5330	DDDR	60	0	0	OK	0	0
St Jude	Microny SR	2425T	VVIR	68	0	0	OK	0	0



Résultats mécaniques à 30 et 60 m

Trade Mark	Series	Model	Surface			30 msw / 98 fsw				60 msw / 197 fsw			
			High	Low	Dif	High	Low	Dif	Distortion	High	Low	Dif	Distortion
Ela	Talent	113	8,2	8	0,2	8,2	7,9	0,3	0,1	8,2	7,9	0,3	0
Ela	Talent	213	8,1	7,9	0,2	8,1	7,9	0,2	0	8,1	7,6	0,5	0,3
Ela	Rhapsody	2210	6,7	6,6	0,1	6,7	6,5	0,2	0,1	6,7	6,3	0,4	0,2
Ela	Rhapsody	2530	6,5	6,3	0,2	6,5	6,3	0,2	0	6,5	5,9	0,6	0,4
Ela	Symphony	2550	6,4	6,3	0,1	6,4	6,3	0,1	0	6,4	5,9	0,5	0,4
Guidant	Pulsar	972	8	7,4	0,6	8	7,4	0,6	0	8	7,1	0,9	0,3
Guidant	Pulsar	972	7,5	7,2	0,3	7,5	7,2	0,3	0	7,5	6,8	0,7	0,4
Guidant	Pulsar	1170	7,7	7,4	0,3	7,7	7,4	0,3	0	7,7	6,9	0,8	0,5
Guidant	Insignia	1194	8,4	8,2	0,2	8,4	8,1	0,3	0,1	8,4	8,0	0,4	0,2
Medtronic	Thera	7962i	8	7,7	0,3	8	7,7	0,3	0	8,0	7,4	0,6	0,3
Medtronic	Kappa	kdr 731	7,8	7,6	0,2	7,8	7,6	0,2	0	7,8	7,4	0,4	0,2
Medtronic	Kappa	kdr 731	7,8	7,5	0,3	7,8	7,5	0,3	0	7,8	7,3	0,5	0,2
Medtronic	Kappa	kdr731	7,9	7,8	0,1	7,9	7,8	0,1	0	7,9	7,7	0,2	0,1
Medtronic	Kappa	kdr 731	7,7	7,6	0,1	7,7	7,5	0,2	0,1	7,7	7,5	0,2	0
St Jude	Identity	5172	6	5,7	0,3	6	5,6	0,4	0,1	6	5,6	0,4	0
St Jude	Identity	5370	6	5,7	0,3	6	5,6	0,4	0,1	6	5,6	0,4	0
St Jude	Identity	5380	6	5,7	0,3	6	5,6	0,4	0,1	6	5,6	0,4	0
St Jude	Affinity	5330	6	5,8	0,2	6	5,7	0,3	0,1	6	5,7	0,3	0
St Jude	Affinity	5330	6	5,7	0,3	6	5,7	0,3	0	6	5,6	0,4	0,1
St Jude	Microny SR	2525T	6,1	6	0,1	6,1	6	0,1	0	6,1	6	0,1	0



Résultats mécaniques à 60 m

Trade Mark	Series	Model	Surface			60 msw / 197 fsw			Distortion
			High	Low	Dif	High	Low	Dif	
Ela	Brio	212	8	7,8	0,2	8	7,5	0,5	0,3
Ela*	Talent	213	8,2	8	0,2	8,2	7,7	0,5	0,3
Ela	Talent	213	8,0	7,6	0,4	8	7,5	0,5	0,1
Ela	Symphony	2550	6,7	6,5	0,2	6,7	6,2	0,5	0,3
Guidant	Pulsar	972	7,6	7,3	0,3	7,6	6,6	1	0,7
Guidant	Pulsar	1270	7,4	7,2	0,2	7,4	6,45	0,95	0,75
Guidant*	Pulsar	1270	7,6	7,4	0,2	7,6	7	0,6	0,4
Guidant	Pulsar	1270	7,8	7,5	0,3	7,8	6,7	1,1	0,8
Medtronic*	Thera	7962i	7,8	7,6	0,2	7,8	7,4	0,4	0,2
Medtronic*	Kappa	kdr 731	8,1	7,6	0,5	8,1	7,4	0,7	0,2
Medtronic	Kappa	kdr 731	7,8	7,6	0,2	7,8	7,4	0,4	0,2
Medtronic	Kappa	kdr 731	7,6	7,3	0,3	7,6	7,3	0,3	0
Medtronic	Kappa	kdr 931	7,7	7,5	0,2	7,7	7,4	0,3	0,1
Medtronic	EnPulse	E2VDD01	7,8	7,6	0,2	7,8	7,5	0,3	0,1
St Jude	Identity	5376	6	5,9	0,1	6	5,6	0,4	0,3
St Jude	Identity	5376	6	5,9	0,1	6	5,7	0,3	0,2
St Jude	Affinity	5230	6,1	5,9	0,2	6,1	5,6	0,5	0,3
St Jude	Affinity	5330	6	5,8	0,2	6	5,6	0,4	0,2
St Jude	Affinity	5330	6,2	5,9	0,3	6,2	5,6	0,6	0,3
St Jude	Microny SR+	2425T	6	5,9	0,1	6	5,9	0,1	0



En résumé

- **Tous les paces sont étanches à 60 m**
- **Bonne tolérance fonctionnelle**
 - **Aucun dysfonctionnement**
 - **Accélérations chez Medtronik**
 - **Capteurs fonctionnels**
- **Aucune déformation à 30 m**
- **> 50% déformés à 60 m !**





Limites de l'étude

- **Une seule mise en pression**
- **Durée de compression courte**
- **Durée de mise en pression brève**
- **Pas de tests de détection**

Tolérance des matériaux au long cours ?



CONCLUSIONS de l'Etude

**Peu de répercussion de la pression
à l'intérieur du boîtier**

Le problème est plus mécanique qu'électronique

Solution: circuits noyés dans résine ?

En attendant que dire aux plongeurs ?

- **Dépendant du pace: NON**
- **Troubles du rythme: NON**
- **Asymptomatique, bonne tolérance à l'effort,
plongée limitée à 30 m...**



Nouvelles recommandations FFESSM

Décembre 2008

Contre indication définitive

BAV II ou complet, non appareillés



Si pacemaker: OUI, Mais,

- 6 mois après implantation
- Après échographie,
- Après épreuve d'effort (adaptation)
- Plongées limitées à 30m, sauf avis contraire du fabricant





