

La Transmission d'Énergie Transcutanée (TET) l'alimentation des implants actifs de demain

Igor Bimbaud

Meeting energies

LAB'O Orléans

10 Octobre 2024

Présentation de l'entreprise



VITRUVENS est un **bureau d'étude et un centre d'innovation** dont les activités se concentrent sur le développement de **solutions d'énergie autonome** pour le besoin de ses clients Deeptech/Medtech.

VITRUVENS STUDIO: Bureau d'étude système d'énergie:

- Définition du besoin;
- Dimensionnement et choix technologique : Stockage d'énergie , recharge sans fil , Battery management system;
- Prototypage et caractérisation fonctionnelle;
- Essai de vieillissement batterie – paramétrage modèle;

VITRUVENS LAB : Centre d'innovation:

- Système de recharge sans fil par ultrason;
- Surveillance des batteries par ultrason;



4
salariés



Créée
en
2022



Tours

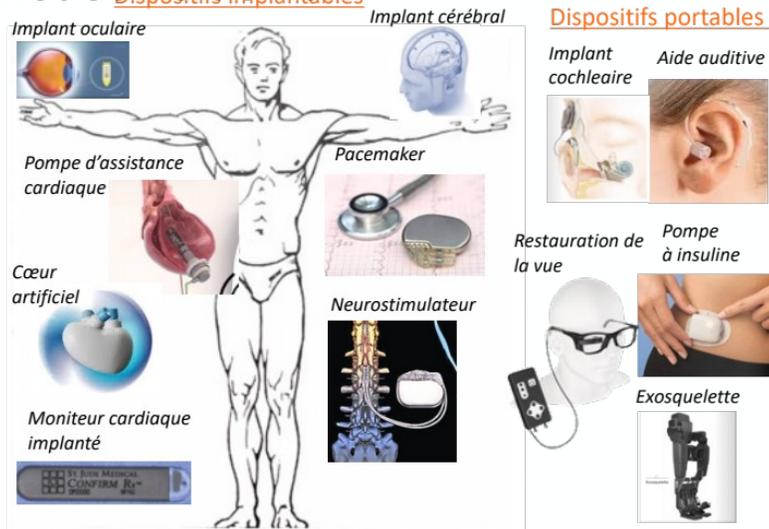


Filiale du
groupe
DOLIAM



Contexte

DM actif: Partie intégrante de l'arsenal thérapeutique et de prévention de la médecine demain



L'énergie (pile) : l'éléphant dans le salon

Plus de 50% du volume

Une durée de vie très variable!

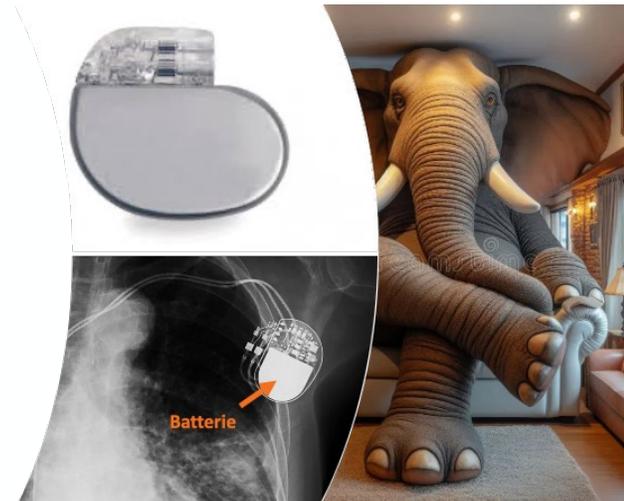


Table 11. Projected service life in years

VVIR or VVI pacing %	Amplitude	Pacing rate	Impedance	Longevity in years	
				Pulse width 0.24 ms	Pulse width 0.4 ms
0%	1.5 V	60 bpm	500 Ω	14.6	14.5
50%	1.0 V	60 bpm	500 Ω	13.3	12.5
	1.5 V	60 bpm	500 Ω	11.7	10.4
	2.0 V	60 bpm	500 Ω	9.6	8.1
100%	1.0 V	60 bpm	500 Ω	11.8	10.5
	1.5 V	60 bpm	500 Ω	9.6	8.0
	2.0 V	60 bpm	500 Ω	7.1	5.5
	2.5 V	60 bpm	500 Ω	5.8	4.3
100%	1.5 V	60 bpm	400 Ω	9.0	7.4
	1.5 V	60 bpm	600 Ω	10.0	8.4
100%	1.5 V	70 bpm	500 Ω	9.1	7.5
	1.5 V	100 bpm	500 Ω	8.0	6.4
100%	2.5 V	60 bpm	600 Ω	6.3	4.7
	3.5 V	60 bpm	500 Ω	3.6	2.4
	5.0 V	60 bpm	500 Ω	1.8	1.2

Manuel technique Pacemaker Micra MC1VR01

Le gouvernement a bien compris l'enjeu et s'est saisi du sujet

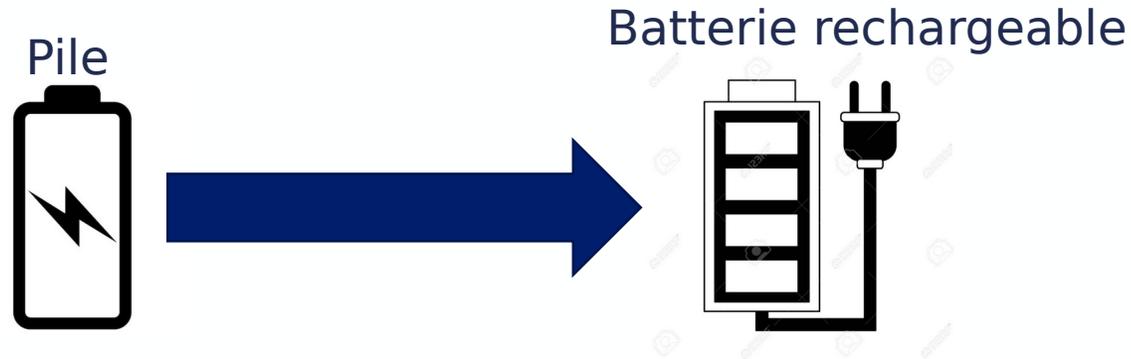


- **La durée de vie des implants médicaux actifs** : ce segment a pour ambition de faire émerger des solutions innovantes visant à prolonger la durée de vie des implants médicaux actifs (pacemaker, neurostimulateur, pompe à insuline, etc.). Cet axe comprend tous les dispositifs médicaux actifs destinés (i) à être introduits dans le corps humain par une intervention chirurgicale ou par un orifice naturel, (ii) à y rester en place à des fins thérapeutiques, et (iii) à fonctionner via une source d'énergie autre que celle produite par le corps.

La durée de vie de ces dispositifs dépend à la fois de la source d'énergie utilisée (à usage unique ou rechargeable), ainsi que d'autres éléments critiques (durée de vie des composants microélectroniques, matériaux de revêtement...). Si les innovations se sont largement polarisées ces dernières années sur la réduction de la taille des implants actifs, l'augmentation de leur durée de vie représente un véritable enjeu sur le plan technologique, clinique et économique, devant permettre de limiter le nombre d'interventions médicales ou chirurgicales sur les patients équipés de ces implants.

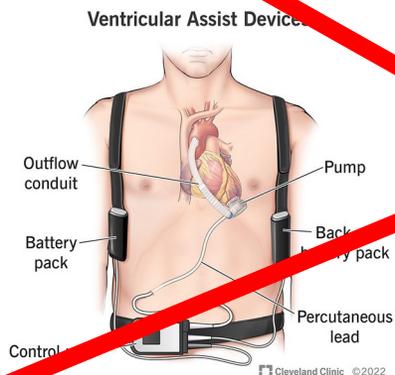
A titre d'exemple, les innovations attendues sur ce segment peuvent ainsi par exemple porter sur l'alimentation énergétique (ex : batterie auto-alimentées), les techniques de chargement (ex : chargement sans fil) ou encore sur les différents composants (ex : capteurs, matériaux de revêtement biocompatible, etc.) qui permettront d'augmenter sensiblement la durée de vie des implants médicaux actifs. Le caractère connecté de ces dispositifs pourra quant à lui venir compléter les innovations proposées en la matière, afin de favoriser un meilleur suivi du patient.

Q1: Augmenter la durée de vie tout en miniaturisant?



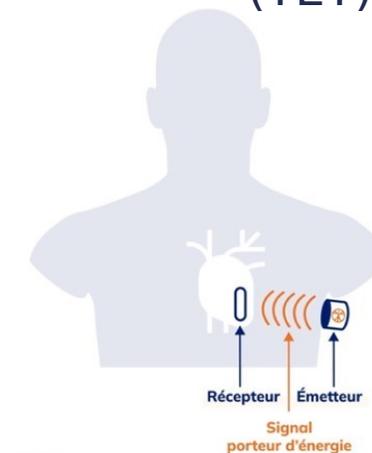
Q2: Comment recharger la batterie d'un implant?

Par un câble percutané ?



Infection dans 100% des cas

Sans fil:
Transmission d'Énergie Transcutanée
(TET)

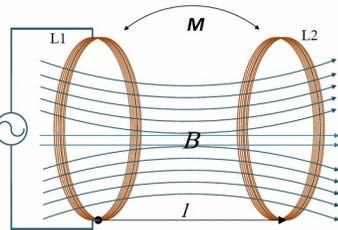


Deux TET technologies principales

INDUCTIF (ITET)

Laplace Law:

$$\frac{1}{\mu_0 \mu_r} \int B \cdot dS = NI$$

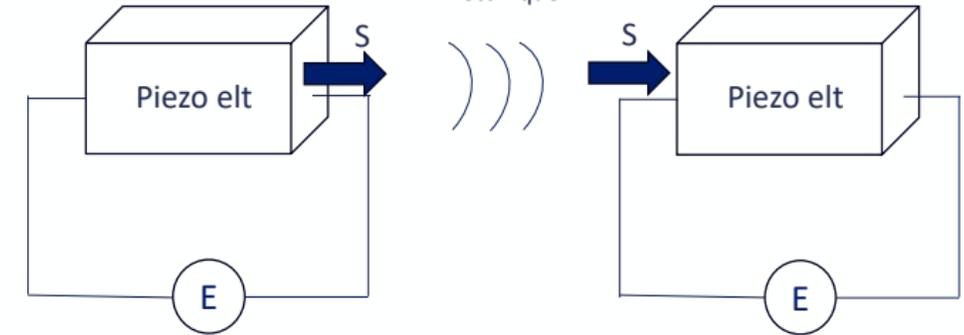


Faraday Law:

$$\int E \cdot dl = \iint \frac{dB}{dt} \cdot dA$$

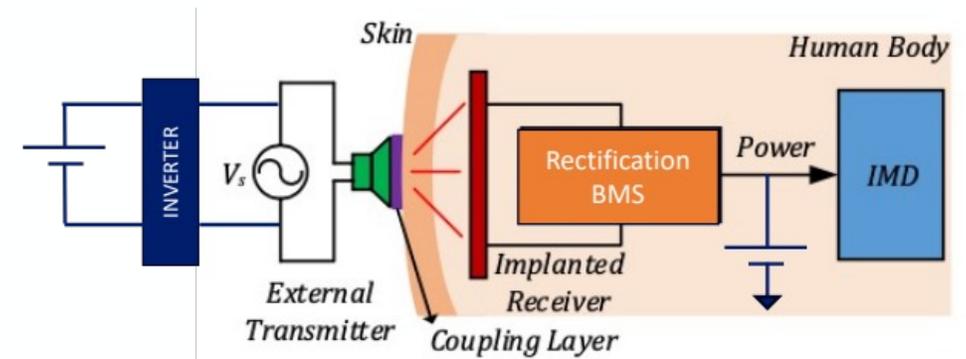
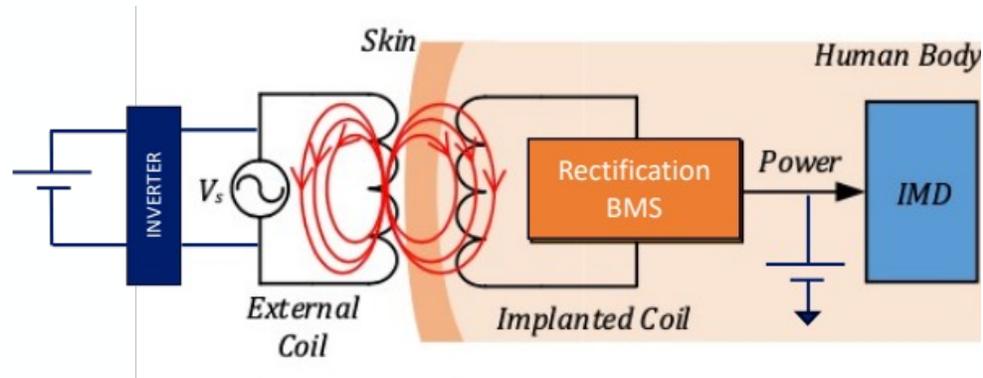
Mutual inductance : M
k: coupling factor
Transformer ratio:
Power:

ULTRASONIC (UTET)



$$S = d_{ij} E$$

$$E_i = -g_{ij} S_j$$



Besoins et exigences



GENERAL	
Puissance x0μW à x0W	
Distance de transmission 1cm à 10cm+	
Tolérance au désalignement +/-20mm	
Echauffement des tissus <2°C	
Température de la peau <43°C	
Température au toucher <48°C	
Tension d'excitation TBTS (<50 VRMS)	
Communication sur porteuse de puissance	
ITET	UTET
Densité de puissance 40mW/cm ²	Densité de puissance 720mW/cm ²
(*SAR < 2W/kg (*MI < 1,9	Index Mécanique MI(*) < 1,9

Inductif vs Ultrason : Profondeur de transmission

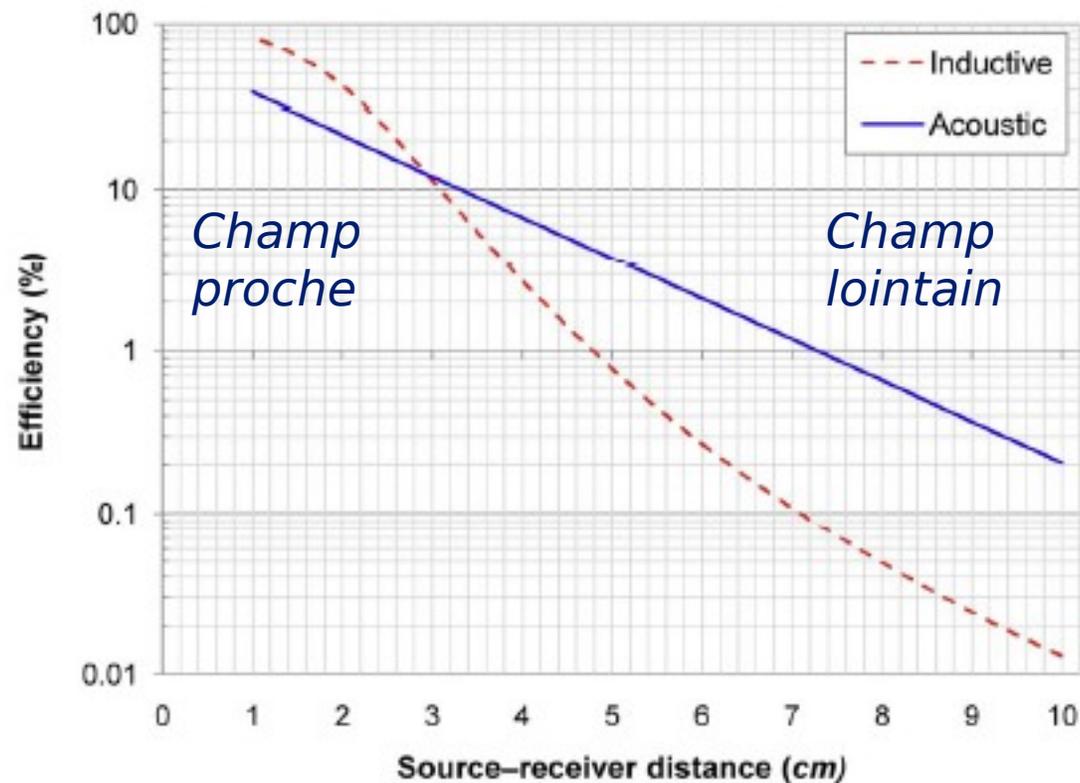


vitruvens

energy solutions architect

Ultrasonic vs. Inductive Power Delivery for Miniature Biomedical Implants (Alexey Denisov and Eric Yeatman)

ITET offre de meilleures performances en champ proche mais en champ lointain les courbes se croisent car les ondes ultrasons offrent une meilleure profondeur de pénétration en milieu isotrope.



Sensibilité aux désalignements

UTET : +/- 4mm avec deux mono éléments sans focalisation

ITET : +/-15mm

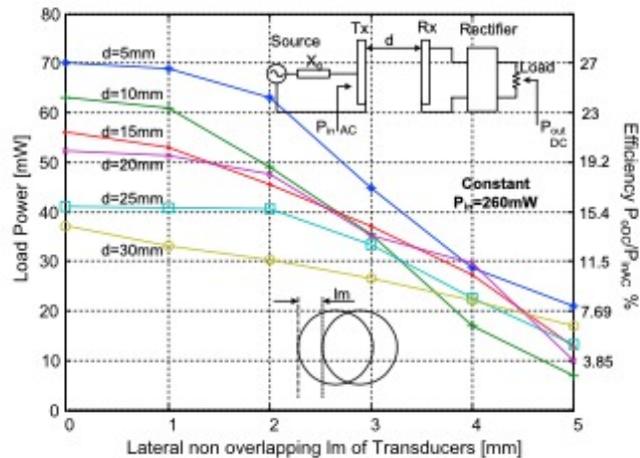
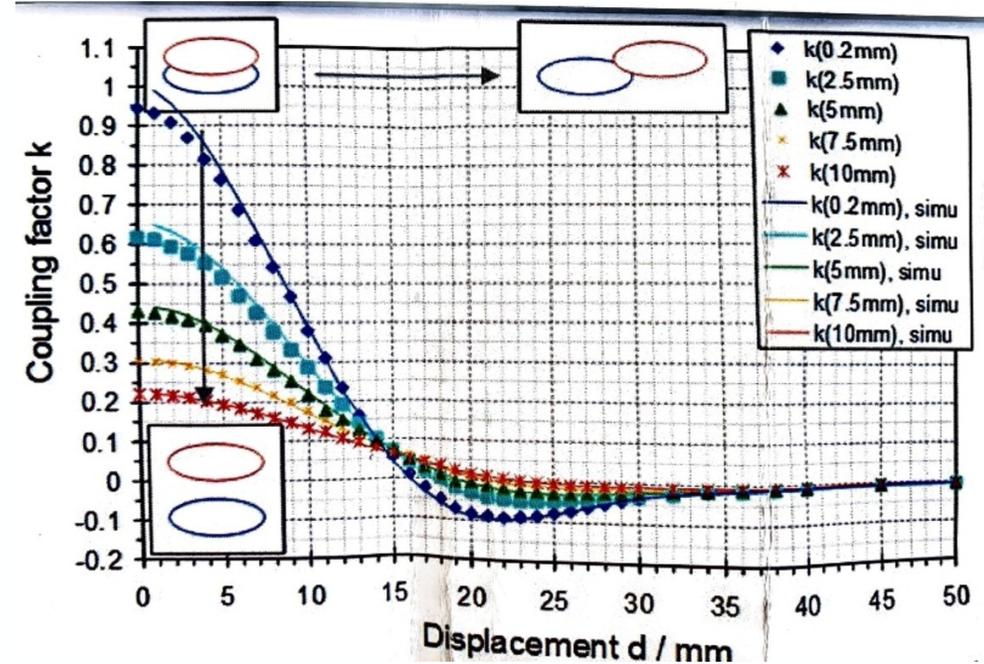


Fig. 17. Measured DC load power as a function of lateral non-overlapping and distance d (power transferred through pig muscle tissue).

Rx Diameter : 15mm / $F = 673$ k Hz /
 Z3T15D-C2 Fuji Ceramic $N_t = 2020$ mHz
 $k_{33} = 0,76 \Rightarrow R = 24,6$ mm

Ultrasonic transcutaneous energy transfer for
 powering implanted devices Shaul Ozeri,
 Doron Shmilovitz



Inductif vs ultrason (2/2)

- Performance : En champ proche , la technologie ITET a un meilleur rendement ($>70\%$);
- Distance de Transmission: UTET a moins d'atténuation en champ lointain;
- Echauffement: UTET crée moins d'échauffement des tissus (pas de courant de Foucault);
- Miniaturisation: La regulation (FDA) autorise une densité de puissance ultrason dans les tissus de $720\text{mW}/\text{cm}^2$ alors qu'elle est limitée à environ $40\text{mW}/\text{cm}^2$ pour ITET pour garder une augmentation de $T^\circ < 2^\circ\text{C}$. Possibilité de miniaturisation plus important en faveur de UTET;
- Règlementaire: ITET doit être conforme au norme CEM (EN60601-2 Classe A / Classe B) et CISPR11 ainsi que RED si le système est communicant;
- Desalignement: Avec un seul élément et sans focalisation UTET très sensible au desalignement. ITET est moins sensible mais reste en dessous du besoin;

Domaine d'application UTET / ITET

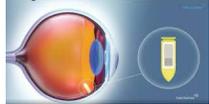


uW

mW

W

Implant oculaire



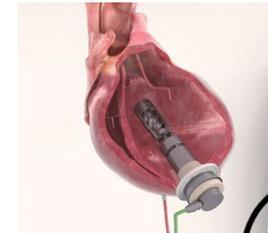
Pacemaker



Aide auditive



Implant cochléaire



Pompe d'assistance cardiaque

Moniteur cardiaque implanté



Pompe à insuline

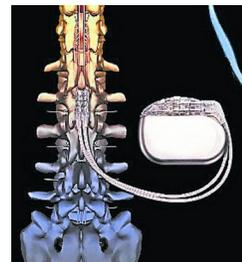


Restauration de la vue



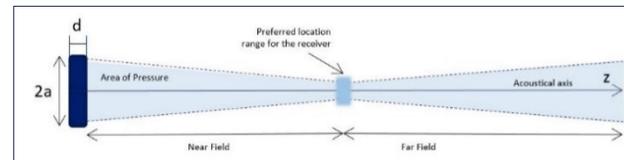
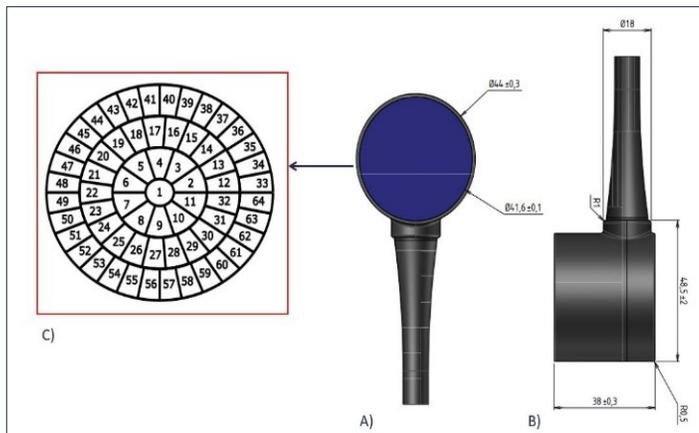
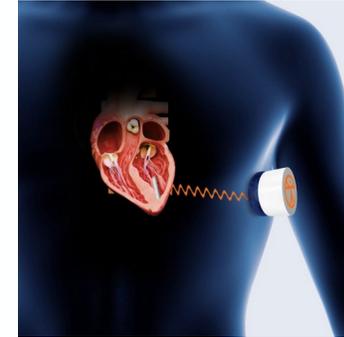
Cœur artificiel

Neurostimulateur

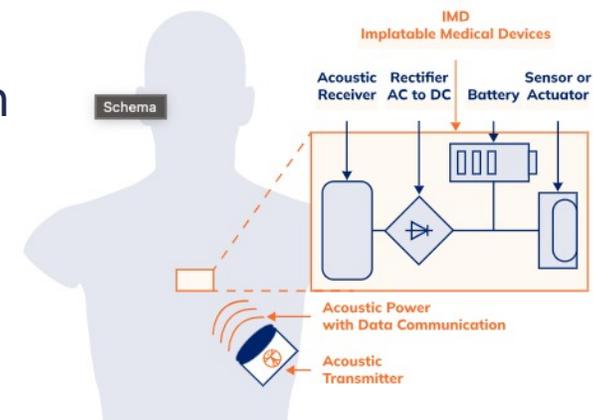


Introduction au projet SmartUTET™

- Système UTET multi-éléments tolérant au désalignement jusqu'à +/-20mm par focalisation dynamique du faisceau d'énergie ultrason;
- Détection automatique de la cible (implant)
- Transmission jusqu'à 10cm de profondeur
- Communication bas débit bidirectionnelle sur porteuse ultrason par modulation de phase
- Système portable et autonome : « User Friendly »



Adaptation du point de focalisation

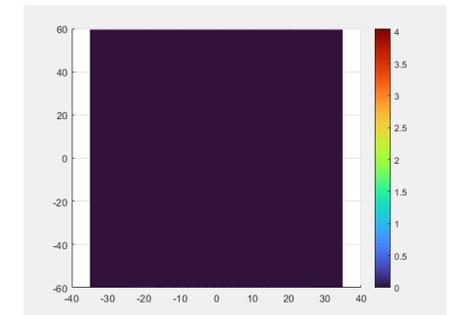
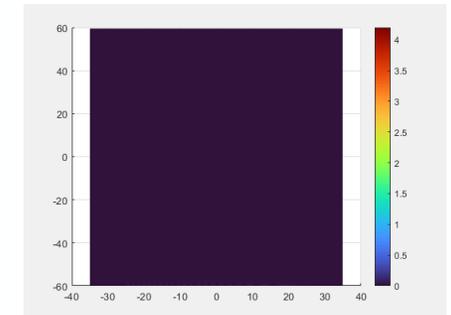
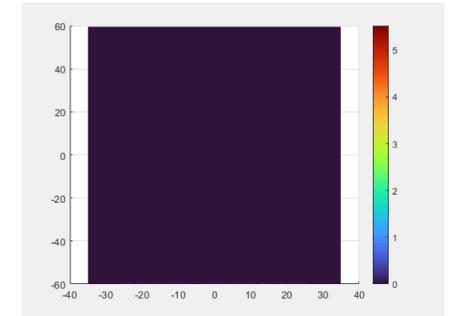
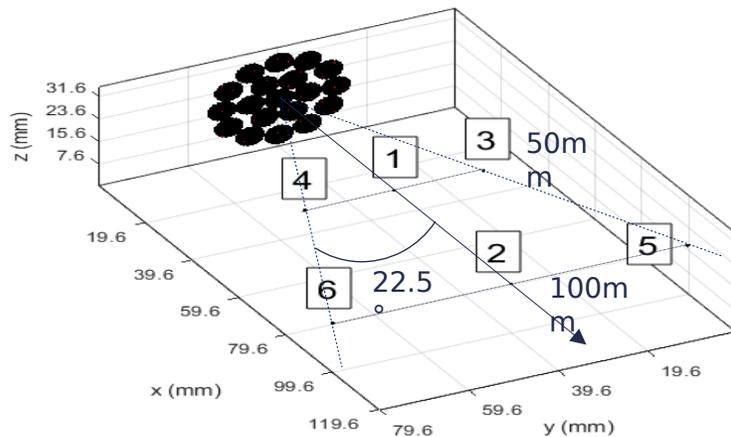


Matrice émettrice multi-éléments Récepteur mono élément implanté

Compensation au désalignement

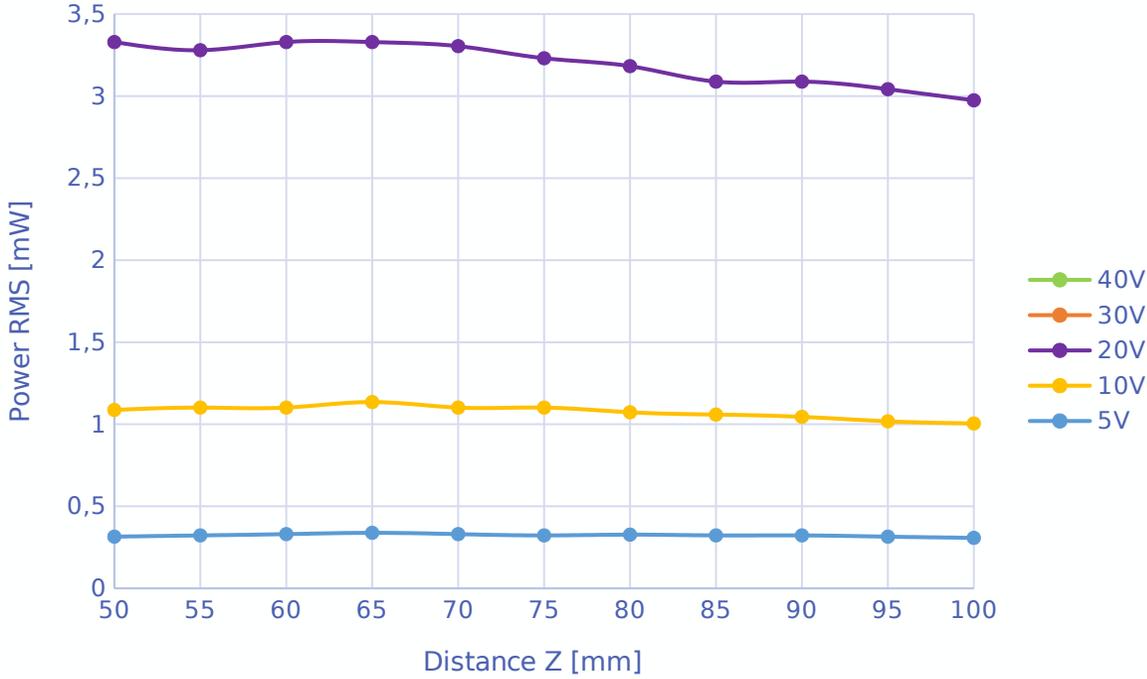
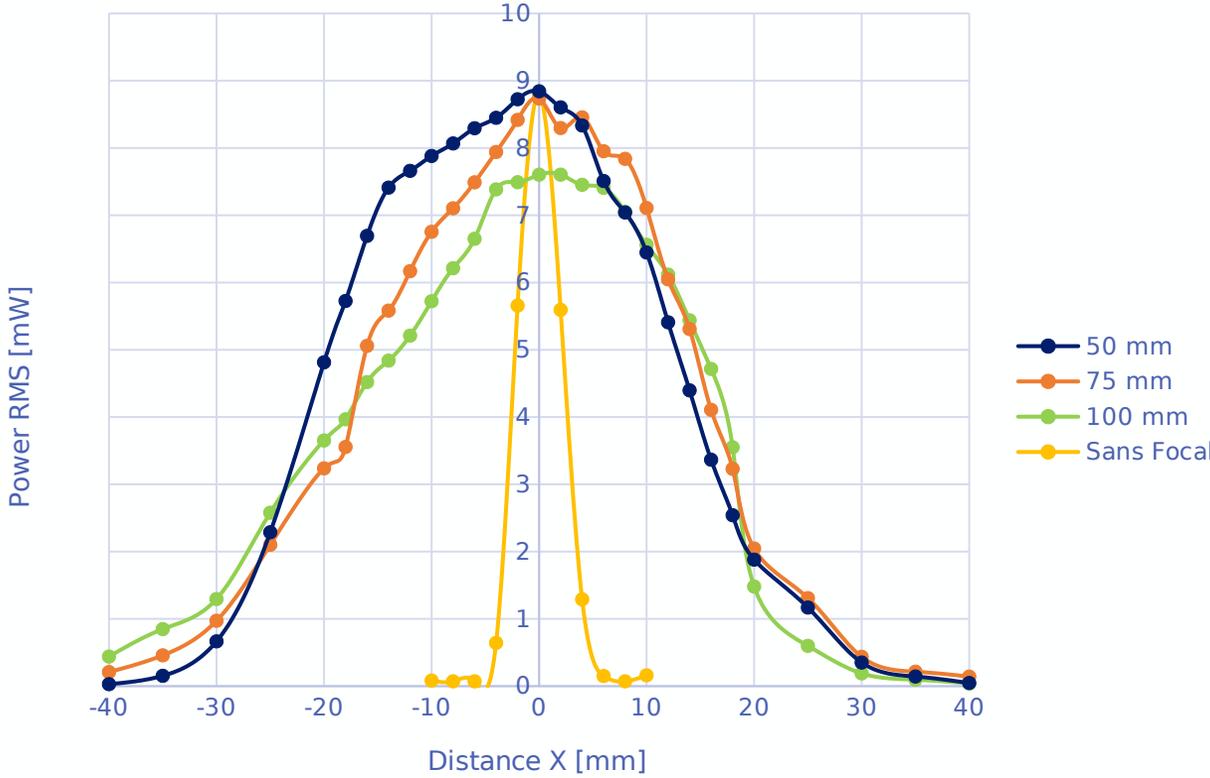
1/ Détection automatique de la cible par une technique de transpondeur

2/ Focalisation du faisceau ultrason de l'émetteur par contrôle de la phase de chaque éléments : $\pm 22,5^\circ$



Puissance

Photographie latérale avec focalisation et sans focalisation, Atténuation transmission puissance en profondeur
 différentes profondeurs



Conclusion

- Les implants actifs prendront une part importante de l'arsenal thérapeutique de la médecine de demain;
- Parallèlement leur durée de vie devra être démontrée pour obtenir la certification et la prise en charge;
- La passage à des systèmes rechargeables par TET est donc la voie incontournable pour répondre à cette évolution;
- Les technologies TET à induction (ITET) et ultrason (UTET) sont complémentaires et répondent à un large panel de cas d'usage et suivant le compromis puissance/profondeur de transmission;
- VITRUVENS développe la technologie SmartUTET™ qui permettra de franchir de nouvelles barrières dans la télé alimentation d'implants profonds (jusqu'à 10cm) tout en permettant une communication sur la porteuse ultrason et en réduisant la sensibilité aux désalignements;

