



SPONSORS ET PARTENAIRES

LAUREAT RÉGIONAL



24/01/204

ATELIER CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE & CHOIX DE BATTERIE

Maîtriser la consommation électrique et choisir sa batterie.

La clef pour un dispositif médical sûr.

Retour d'expérience d'un projet de DM implantable



Le CRT CRESITT est soutenu par :



L'action de diffusion technologique est cofinancée par l'Union européenne.
L'Europe s'engage en région Centre-Val de Loire avec le Fonds européen de développement régional.



vitruvens energy solutions architect

CRESITT INDUSTRIE

Atelier technique

Maîtriser sa consommation électrique et choisir sa batterie :
LA CLEF D'UN DISPOSITIF MÉDICAL SÛR

MERCREDI 24 JANVIER 2024

De 14h à 18h au WAZA Tours (37) et en visio
Suivi d'un cocktail
Événement gratuit




ATELIER
Consommation énergétique et batteries pour les DM

24 JAN 2024

Visio & Présentiel
Au WAZA à Tours
De 13h30 à 18h

Atelier gratuit inscription obligatoire

Logos: vitruvens, CRESITT, NCA Gel, LiFePO4, LiPo, Solide, NiMH, LiSoc2, Lithium Ion.

Logos: Healthcare Loire Valley, S202, VLAD, WURTH ELEKTRONIK.

Sommaire

- 1 Présentation CRESITT
- 2 Projet TECH2AIM
- 3 Mesures de consommation
- 4 Présentation VITRUVENS
- 5 Choix de la batterie
- 6 Conclusion



Présentation CRESITT Industrie



ACTIONS AIDÉES

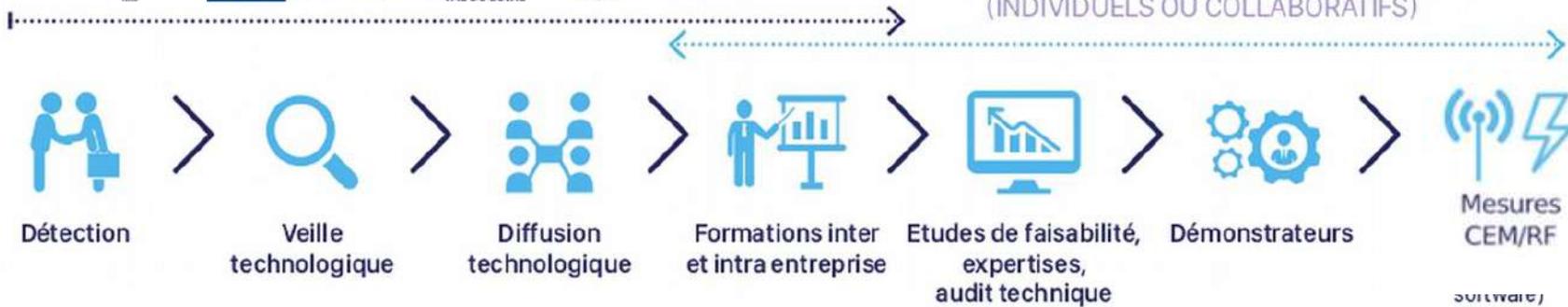


Cofinancé par l'Union européenne



FACTURATION

PROJETS D'ENTREPRISES
(INDIVIDUELS OU COLLABORATIFS)



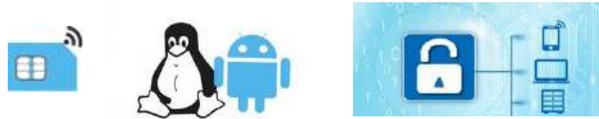
DE LA DÉTECTION DE BESOIN À L'ÉTUDE TECHNOLOGIQUE



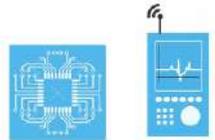
Présentation CRESITT Industrie



- Appui à la mise en œuvre de technologies sans-fil et sans contact



- Appui au développement de systèmes embarqués et sécurisés



- Appui à l'intégration de capteurs et traitement des signaux



- Appui à la conception, validation et optimisation des alimentations et convertisseurs

Présentation CRESITT Industrie

Compatibilité Electro-Magnétique

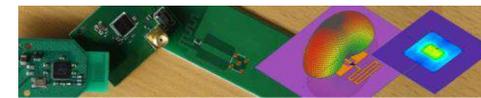
- Rayonné et Conduit
- Immunité et Emissivité

RadioFréquences

- Choix, adaptation et mesures d'antennes
- Mesures selon directive RED (EN300220 et EN300328)
- Simulations : Électromagnétisme et conception d'antennes avec FEKO d'Altair

Systèmes autonomes

- Mesures de consommations électriques
- Utilisation de différentes techniques de récupération d'énergie
- Gestion des différentes sources d'alimentation



Projet TECH2AIM



Turnkey TECHNOLOGIES
to enable next generation
Active Implantable Medical devices



Projet financé
dans le cadre
de l'appel à projets
PSPC-Régions n°1



bpifrance

Et labellisé S2E2



Projet TECH2AIM



Le projet Tech2AIM vise la conception et la fabrication de composants technologiques de rupture pour la réalisation de dispositifs médicaux implantables actifs (DMIA) dans le corps humain.

- Une chaîne de transmission d'énergie par US pour la recharge du DMIA
- Communication RF, bidirectionnelle et sécurisée, antenne Titane
- Electrodes ECG sur Ti contrôle continu du rythme cardiaque et de sa morphologie embarquée dans le DMIA.

Projet financé
dans le cadre
de l'appel à projets
PSPC-Régions n°1



Centre-Val de Loire

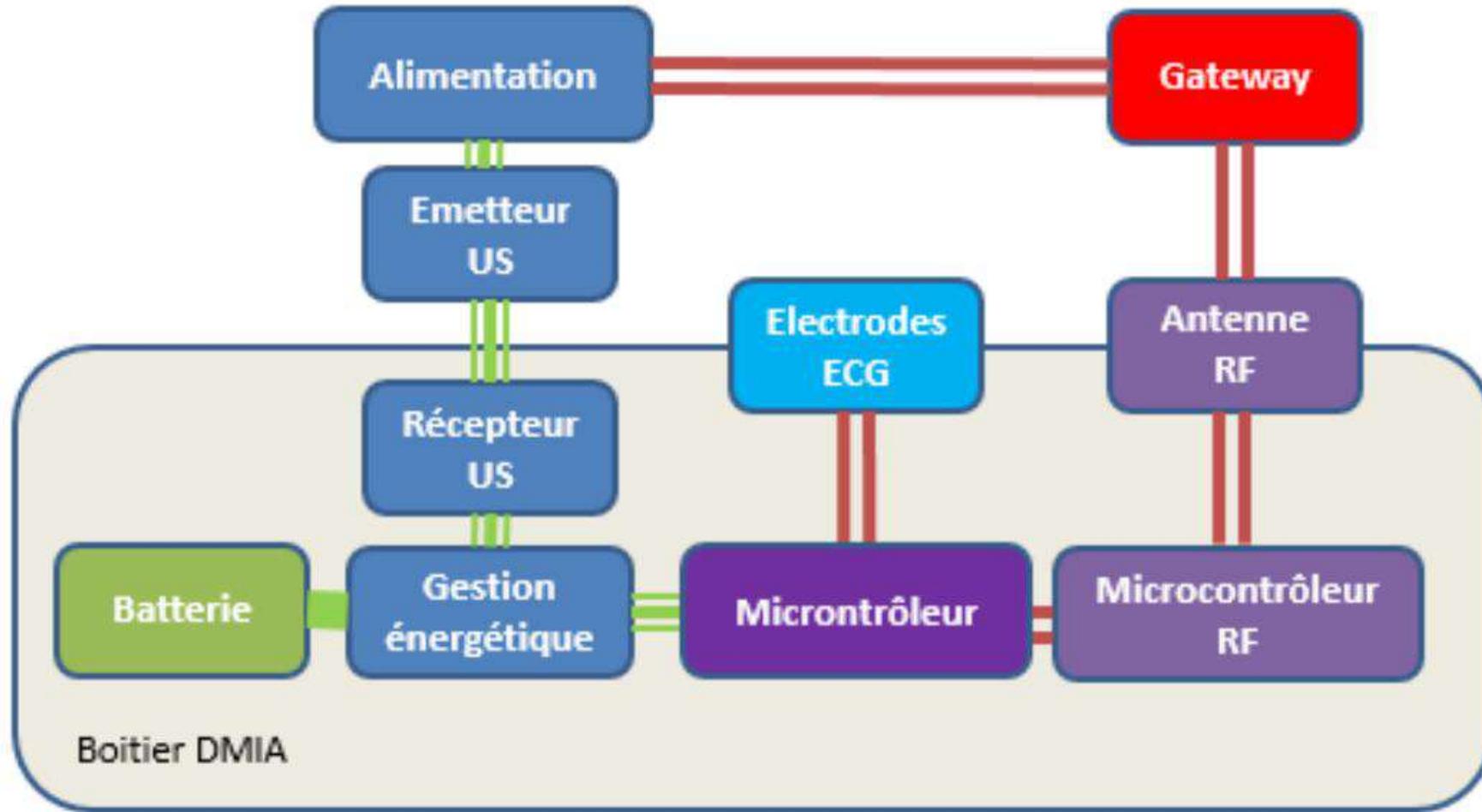


bpifrance

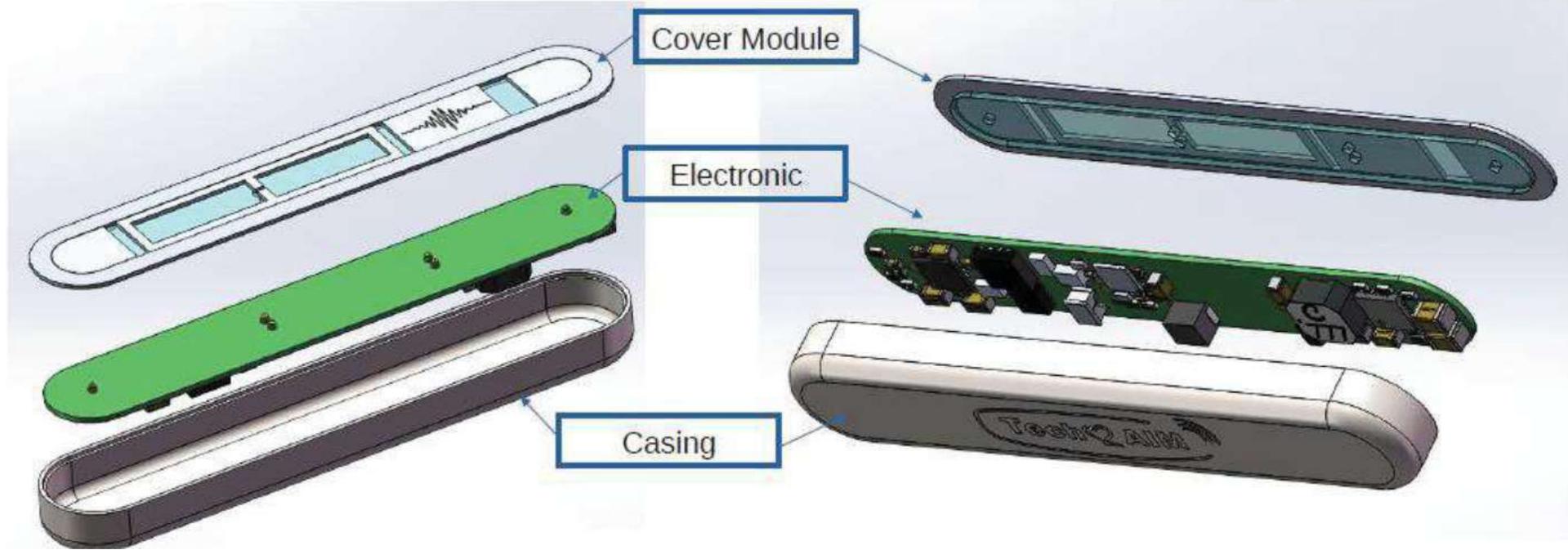
Et labellisé S2E2



Projet TECH2AIM



Projet TECH2AIM



Projet TECH2AIM USAGE



- | | |
|---|--------|
| ➤ Stockage du DMIA (non actif) | 6mois |
| ➤ Autonomie 1 semaine | 160 |
| ➤ Recharge | 8 |
| ➤ Monitoring ECG (128Hz) | 250ms |
| <i>Burst 32 points → Réveil μ sur interruption</i> | |
| ➤ Advertising | 1s |
| ➤ Une connexion BLE par jour | 86400s |
| ➤ Un transfert ECG (Rec 1mn) par jour | 86400s |

Sampling 128Hz, 1mn \approx 61 paquets BLE



Choix des composants

ULPMark[®]-CoreProfile
An EEMBC Benchmark

Site Benchmark μ contrôleur <https://www.eembc.org/ulpmark/ulpcp/scores.php>

The ULPMark-CP score is computed by first taking the inverse of the average power (in μ W) of 50 iterations, and then multiplying by 1000. The ULPMark-PP score is computed by taking the inverse of the average power (in μ W) of each slot's median score for 5 runs, then multiplying by 1000. The inversion creates a score that increases as power decreases. Multiplying by 1000 makes the score easier to round to an integer. Scores are reported to three significant figures since there is a +/-3% run-to-run tolerance.

1 - 50 of 107 platforms (up to 4 scores each)

[next »](#)

Clear	Hardware	Vendor Score	Cert.	Core Profile (3.0 V) _i	Core Profile (User)	Periph. Profile (3.0 V)	Periph. Profile (User)	Date
<input type="checkbox"/>	onsemi RSL10 Rev 1.0	✓	✓	1090	1260 2.1V			2018-02-08
<input type="checkbox"/>	onsemi RSL15	✓	✓	1070	1220 1.8V			2021-09-22
<input type="checkbox"/>	Nanjing Low Power IC Technology Institute Co., Ltd LP5100 Rev.1	✓	✓	856				2020-11-18
<input type="checkbox"/>	e-peas S.A. EDMS105N Rev.N	✓		508				2023-05-25
<input type="checkbox"/>	Beijing Zhongke Xinrui Technology Co., Ltd XRM32UL051	✓		451				2021-08-06
<input type="checkbox"/>	Ambiq Micro APOLLO512-KBR Rev.A3			395	553 2.2V	33.0	54.8 2.2V	2017-09-11
<input type="checkbox"/>	Ambiq Micro APOLLO512-KBR Rev.A3	✓	✓	378				2015-11-07



Les Moyens de mesure du CRESITT

Analyseur de puissance N6705B Keysight
Data logger @49kHz

→ Un module 20W (20V 1A, 6V 3A)

→ Un module 300W

Measurement Resolution:

Voltage, 20 V range	200 μ V	200 μ V	200 μ V
Voltage, 1 V range	10 μ V	10 μ V	-
Voltage, 100 mV range	1 μ V	1 μ V	-
Auxiliary Voltage Measurement Input ^{NOTE 1}	800 μ V	-	800 μ V

Measurement Resolution (continued)

Current, 8 A range	-	-	75 μ A
Current, 3 A range	25 μ A	25 μ A	-
Current, 100 mA range	1 μ A	1 μ A	1 μ A
Current, 1 mA range	10 nA	10 nA	10 nA
Current, 10 μ A range	0.1 nA	0.1 nA	-



Les Moyens de mesure du CRESITT

Picoampèremètre 6485
Keithley

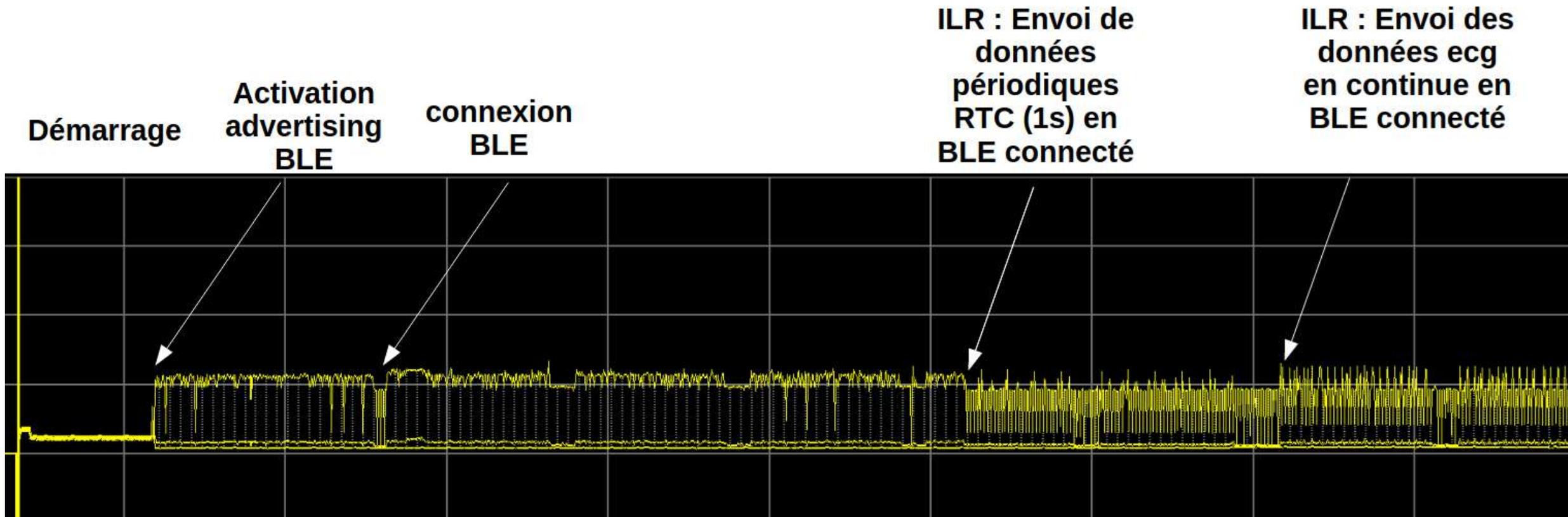


Data Logger @1kHz

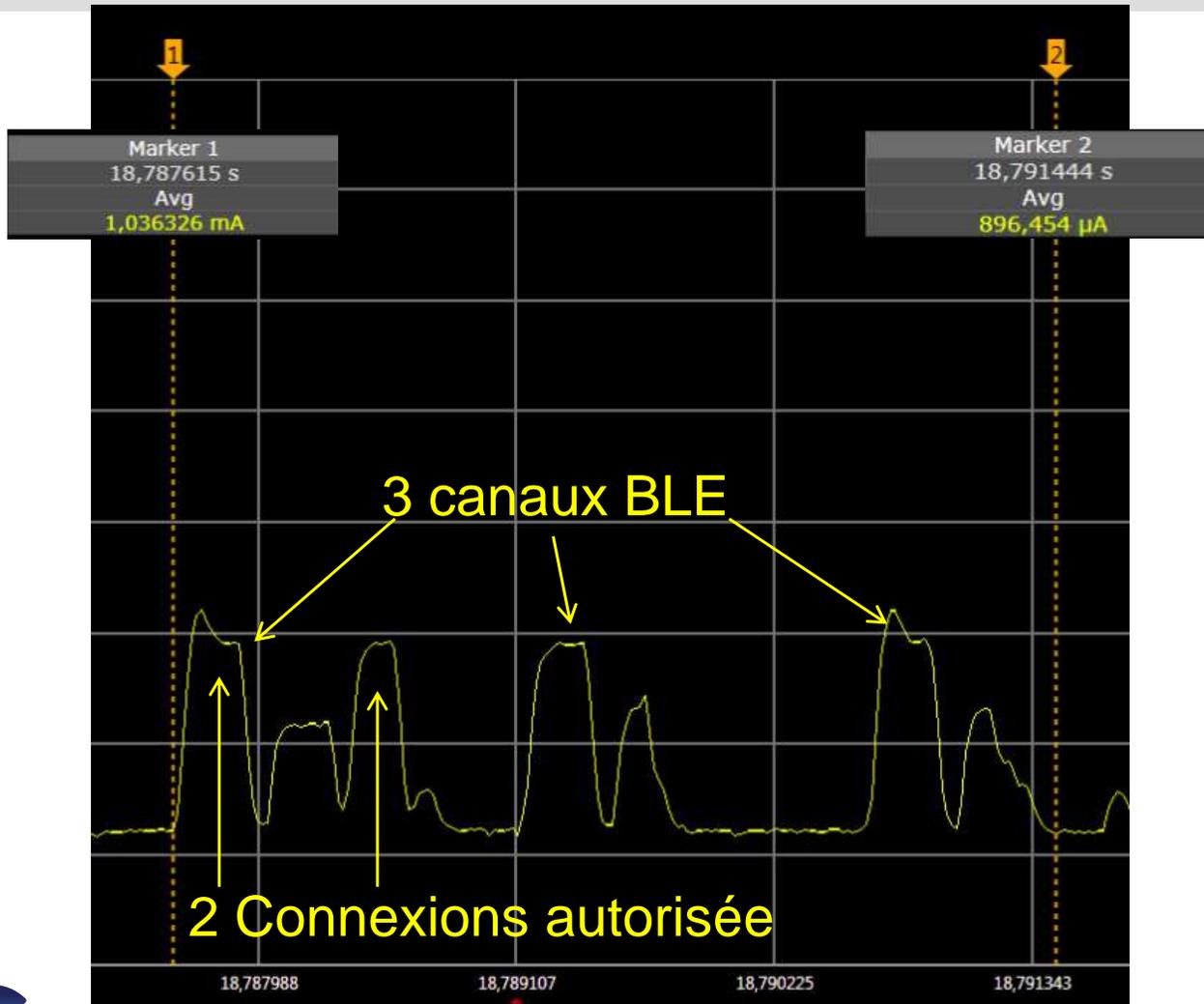
Range	5½ Digit Default Resolution	Accuracy (1 Year) ¹ ±(% rdg. + offset) 18°–28°C, 0–70% RH	Typical RMS Noise ²	Analog Rise Time ³ (10% to 90%)
2 nA	10 fA	0.4 % + 400 fA	20 fA	8 ms
20 nA	100 fA	0.4 % + 1 pA	100 fA	8 ms
200 nA	1 pA	0.2 % + 10 pA	1 pA	500 μs
2 μA	10 pA	0.15% + 100 pA	10 pA	500 μs
20 μA	100 pA	0.1 % + 1 nA	100 pA	500 μs
200 μA	1 nA	0.1 % + 10 nA	1 nA	500 μs
2 mA	10 nA	0.1 % + 100 nA	10 nA	500 μs
20 mA	100 nA	0.1 % + 1 μA	100 nA	500 μs

Les mesures de consommation

Consommation énergétique d'un ILR



Les mesures de consommation

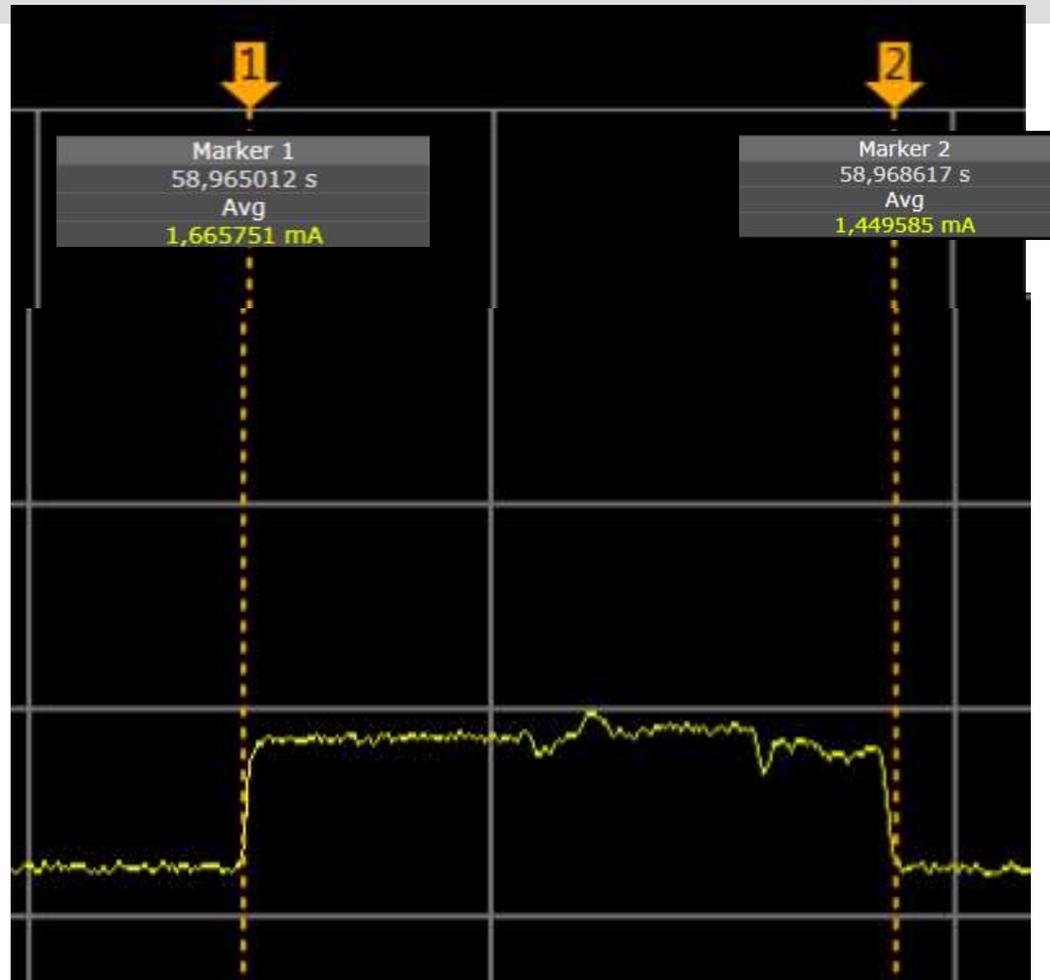


Measurements Between Markers	
$\Delta = 3,83 \text{ ms}$	Freq = 261,113 Hz
Min 832,875 μ A	Avg 4,338623 mA
Max 11,005402 mA	Peak to Peak 10,172526 mA
Charge / Energy 5 nA h	

Advertising
1s



Les mesures de consommation

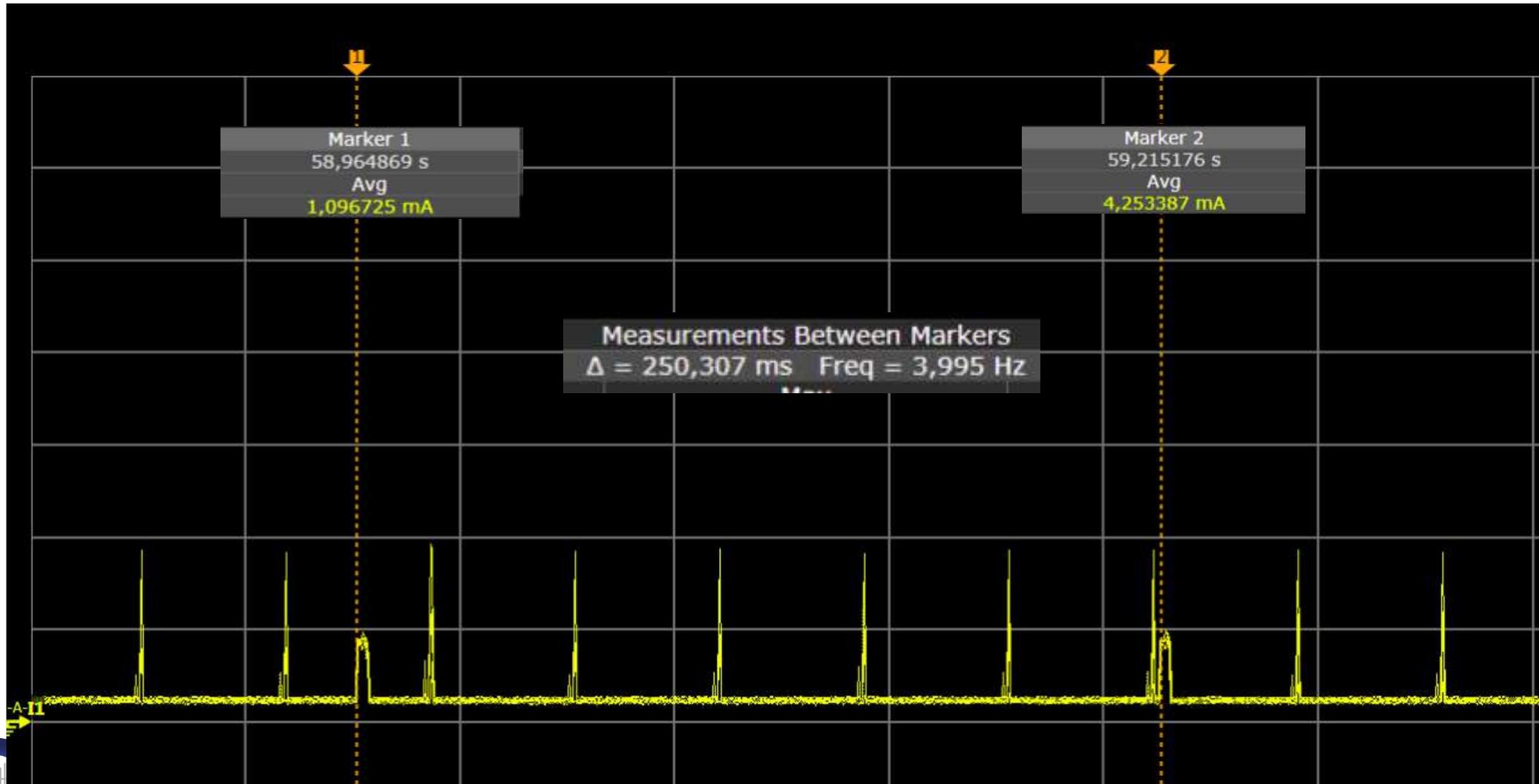


Measurements Between Markers	
$\Delta = 3,604 \text{ ms}$ Freq = 277,433 Hz	
Min 1,468658 mA	Avg 4,204006 mA
Max 4,838307 mA	Peak to Peak 3,369649 mA
Charge / Energy 4 nA h	

↘ ECG Monitoring
250ms



Les mesures de consommation



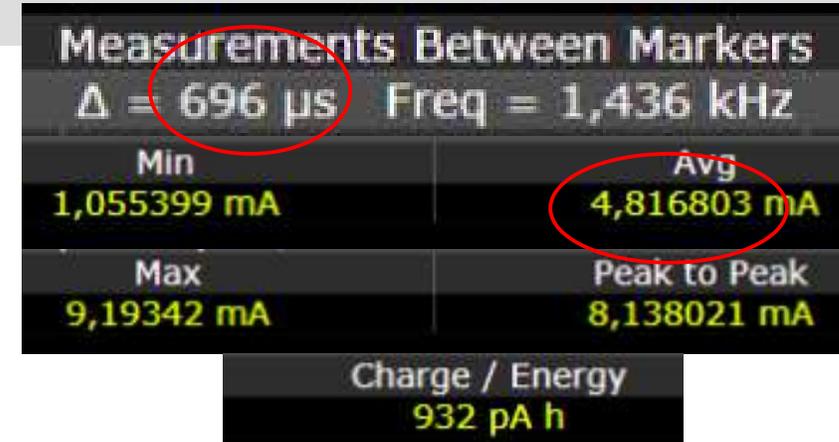
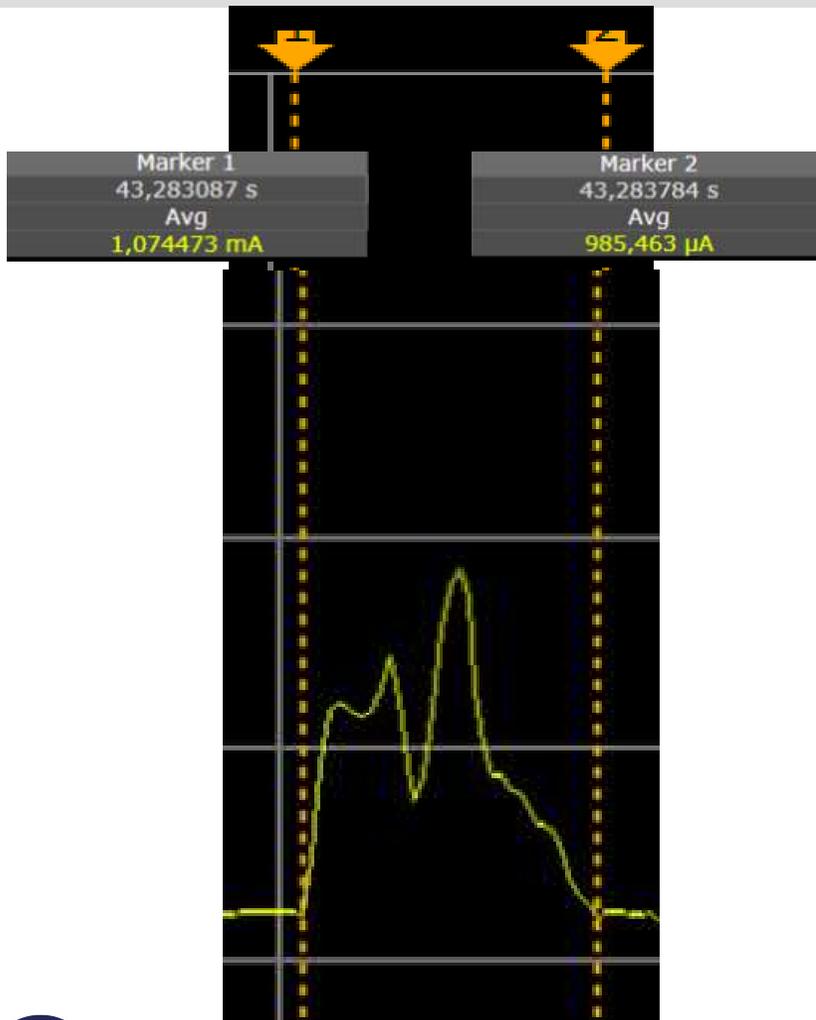
Monitoring ECG
Réveil 4Hz



Source Wikipedia

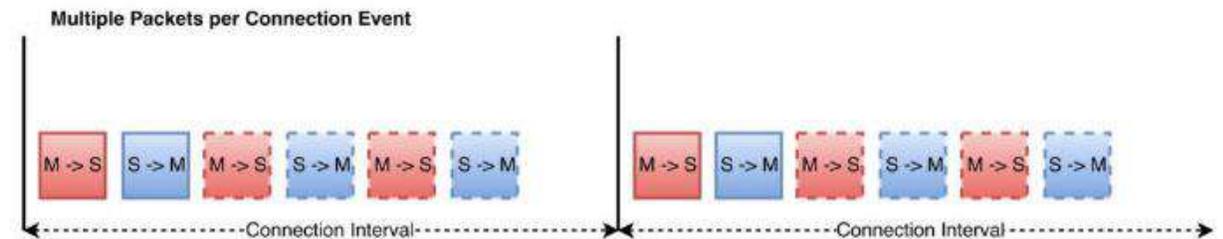


Les mesures de consommation



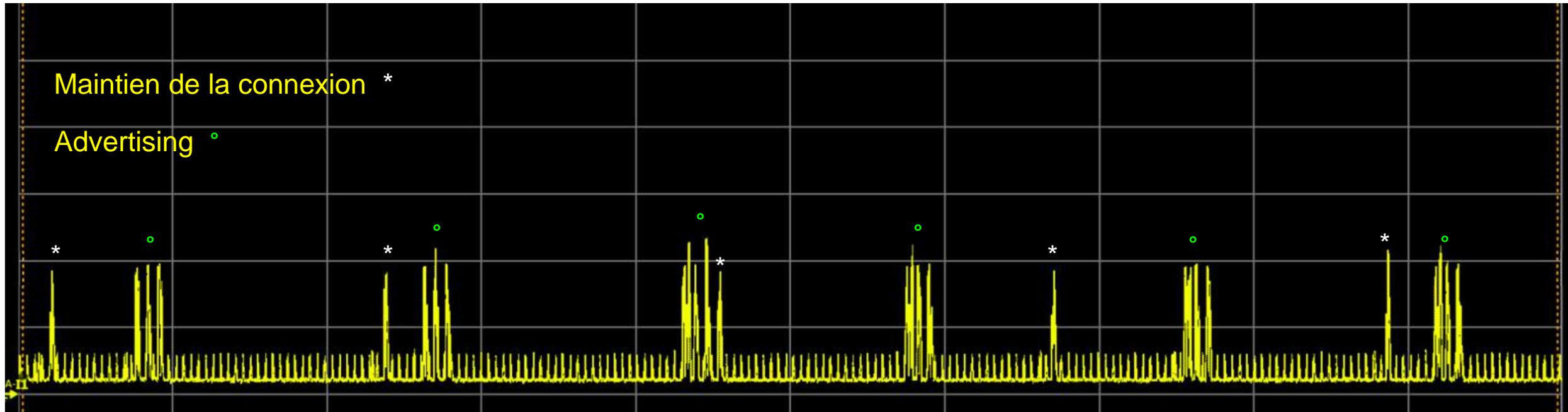
Bluetooth Protocole 5.0 Constraints

- Connection interval : 7,5ms → 4s (30ms minimum pour les Iphones)

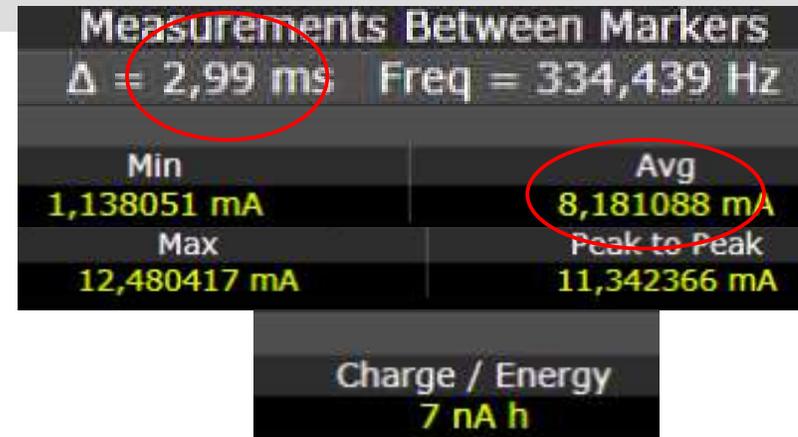
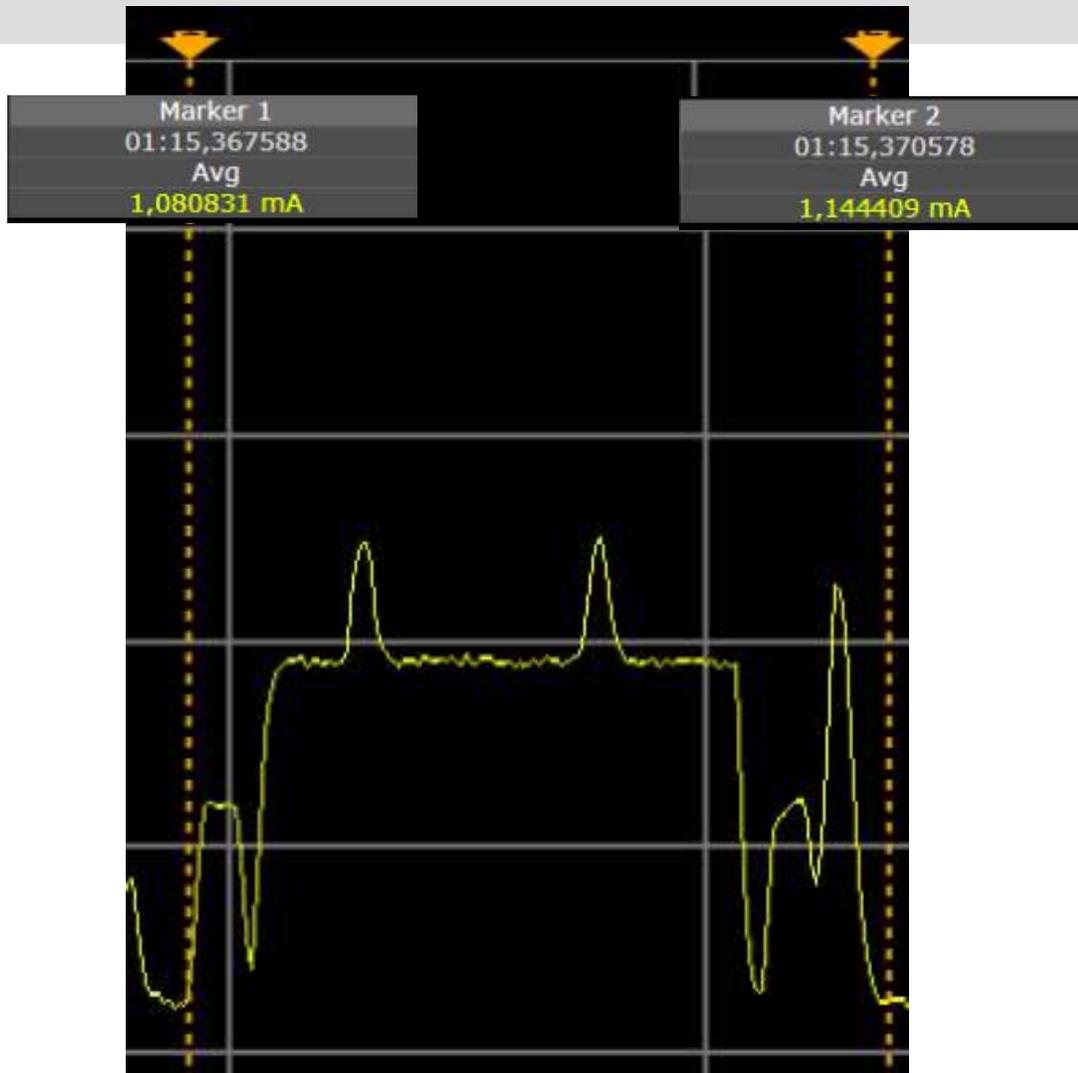


↳ Connexion BLE
86400s

Les mesures de consommation



Les mesures de consommation

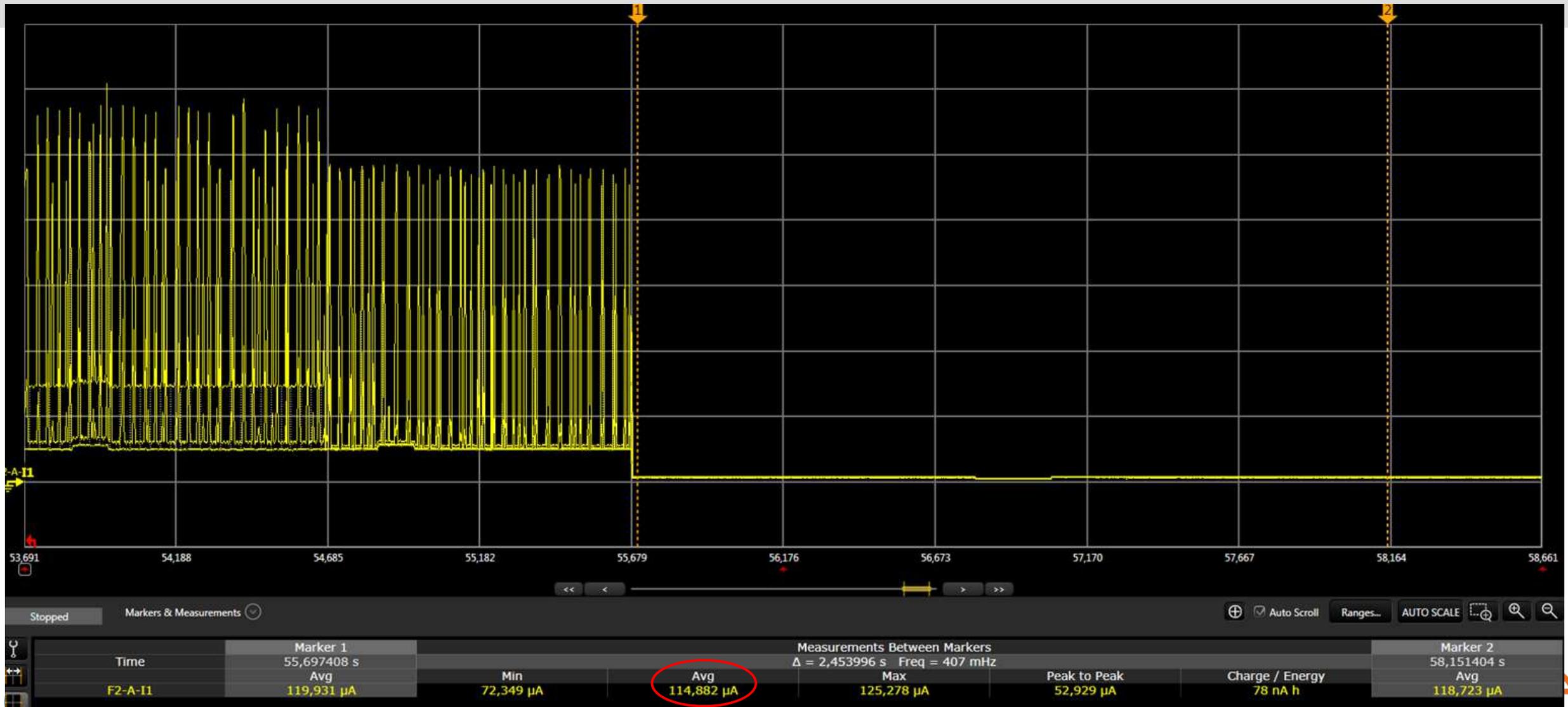


ECG 1mn → 61 paquets BLE

↳ Transmission BLE 86400s

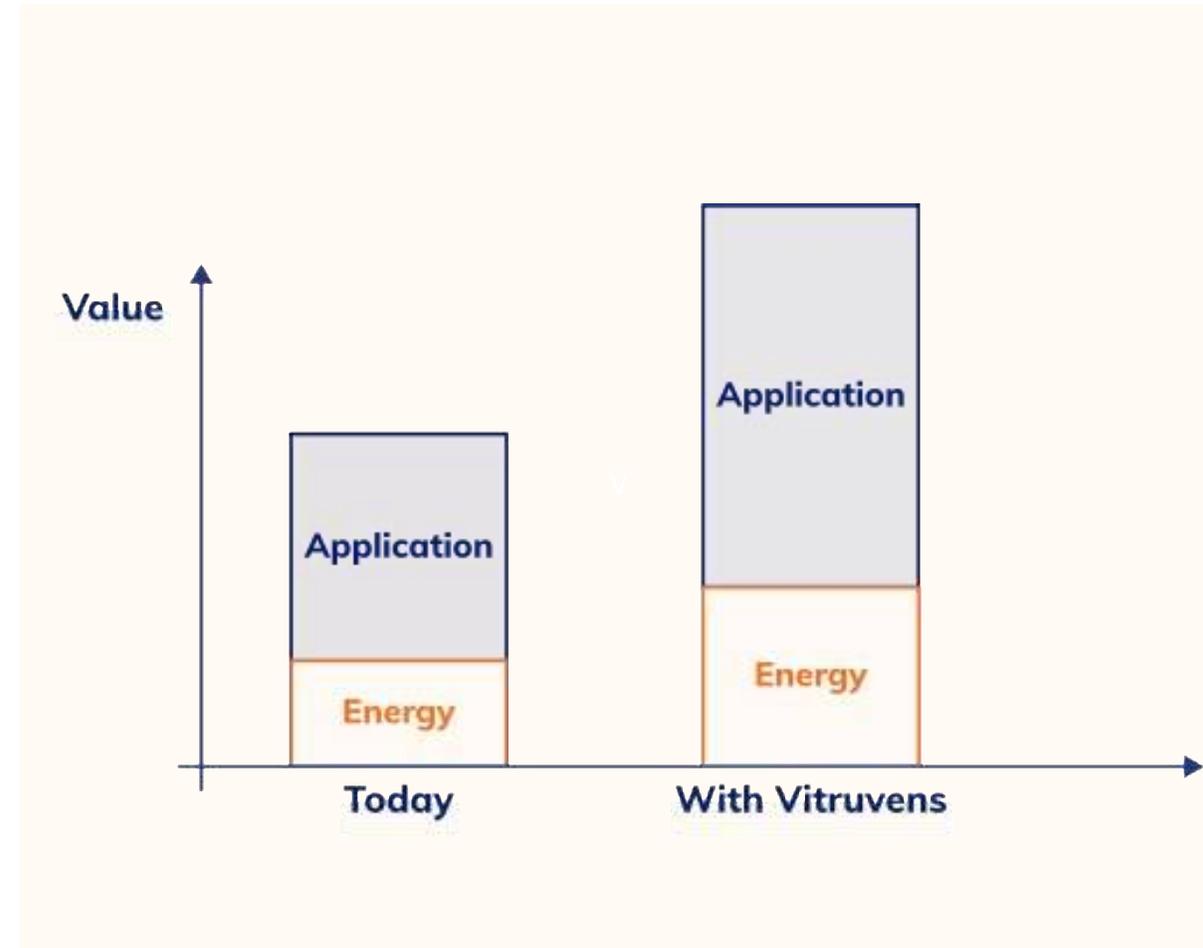


Les mesures de consommation



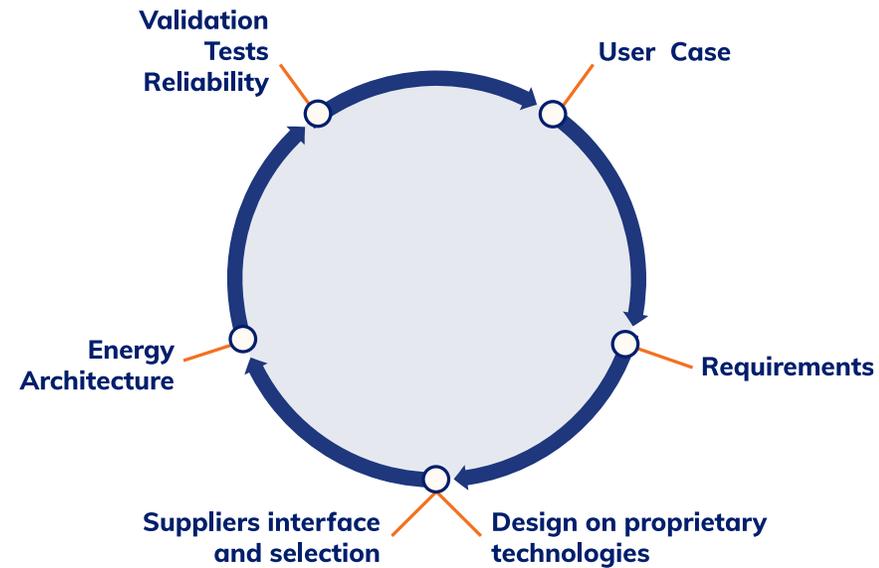
VITRUVENS: Notre Mission

L'énergie ne doit plus être un frein à l'innovation mais au contraire une source de création de valeur du dispositif medical



BUREAU D'ETUDE ENERGIE

CENTRE D'INNOVATION

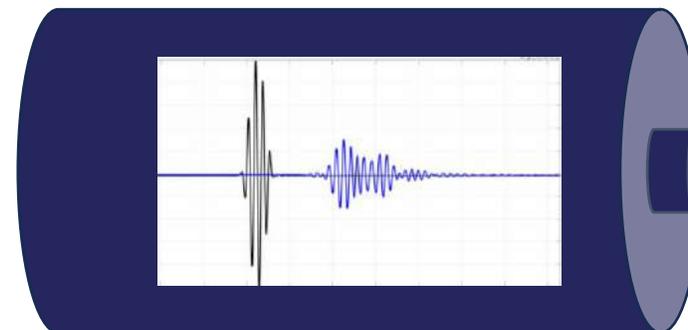


360° SERVICE :

Nous accompagnons à chaque étape du développement projet

COMBINAISON D'UNE DOUBLE COMPETENCE

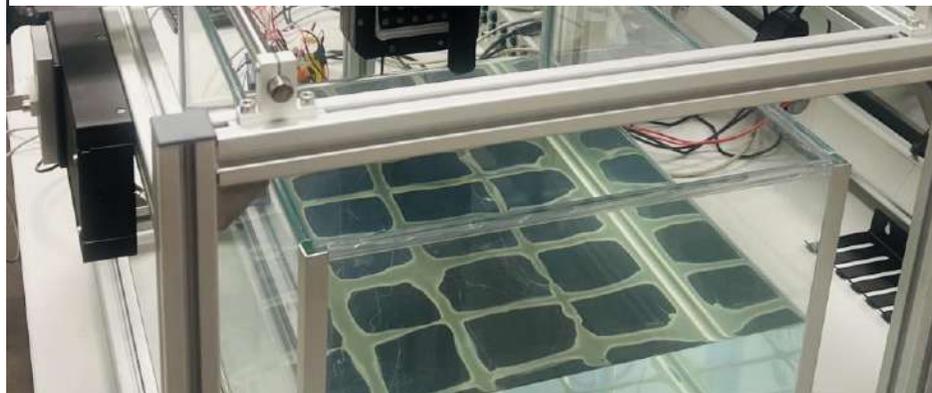
En ultrasons et énergie révolutionner l'électrification de la bioélectronique



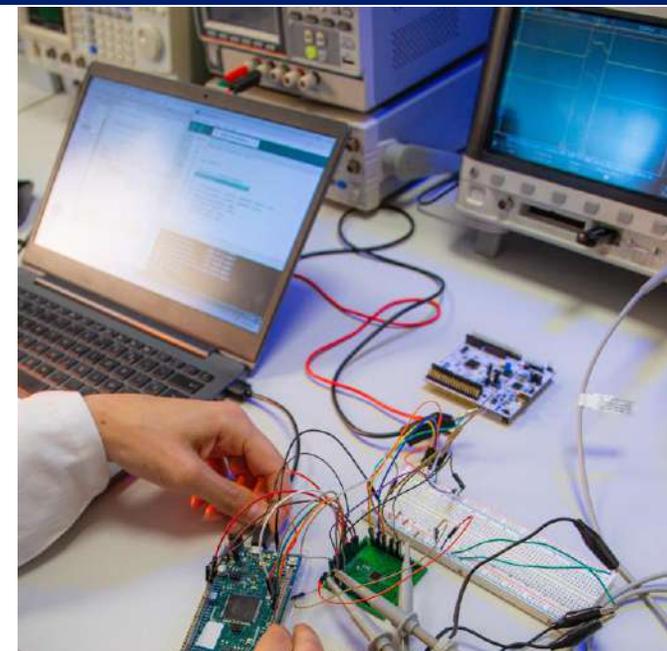
NOS MOYENS



LABORATOIRE DE TEST BATTERIE



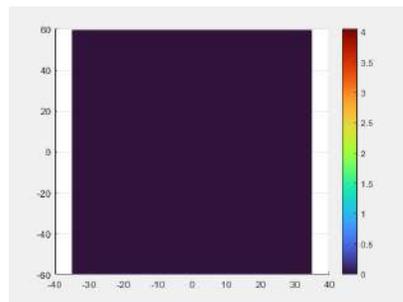
BANC DE TRANSMISSION D'ÉNERGIE ULTRASONIC



CONCEPTION ELECTRONIQUE

DES VITRUVIENS !!!

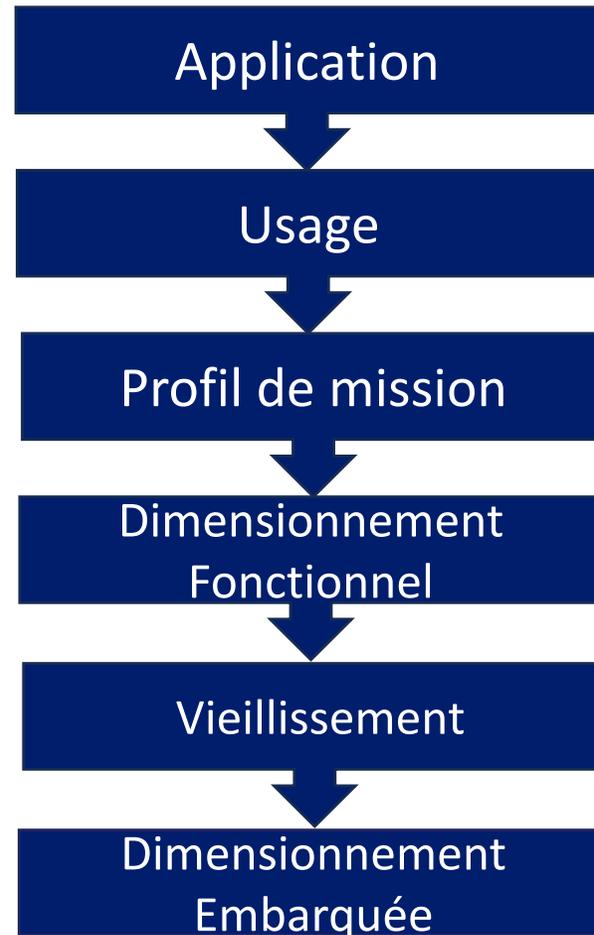
PARTENARIAT AVEC LE CRESITT



ULTRASONIC MODELISATION



Bonne pratique pour dimensionner et choisir une batterie



Applications

Equipements ambulatoires autonomes

Moniteur de surveillance



Respirateur

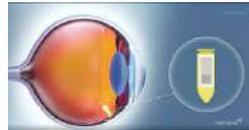


Défibrillateur



Dispositifs implantables

Implant oculaire



Implant cérébral



Pompe d'assistance cardiaque



Pacemaker



Cœur artificiel



Moniteur cardiaque implanté



Neurostimulateur



Dispositifs portables

Implant cochléaire



Aide auditive



Restauration de la vue



Pompe à insuline



Exosquelette

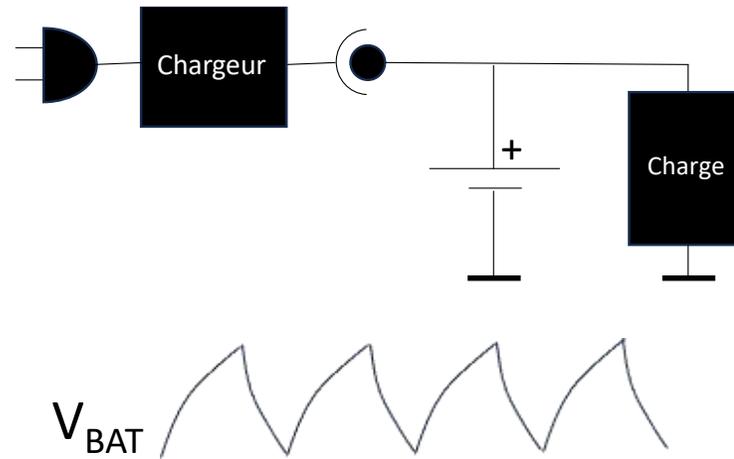


Usages

➤ Non rechargeable

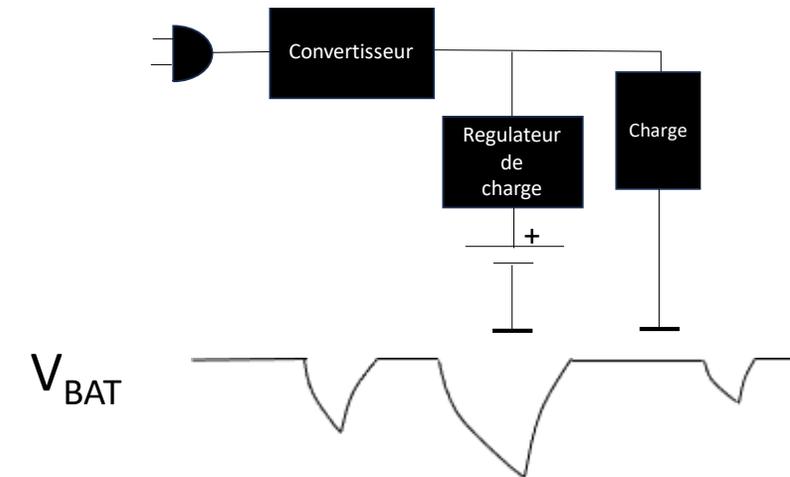
➤ Rechargeable:

- Mode cyclage : Fonctionnement principal sur batterie



- Capacité élevée => densité d'énergie massique (Wh/kg) /volumetrique (Wh/l)
- Temps de recharge optimisé;
- Durée de vie en cyclage étendue (4000 cycles) ;

- Mode Secours (back up) : Fonctionnement principal sur batterie



- Capacité (taille) relativement plus faible
- Sécurité électrique
- Longue durée de vie calendaire
- Différencier le mode de fonctionnement en mode secours

Profile de mission

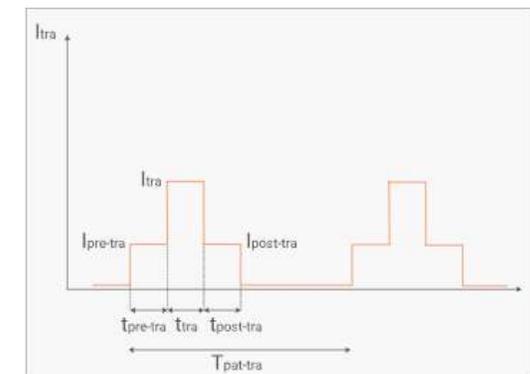
➤ Environnemental:

- Température de fonctionnement et de stockage;
- Condition et durée de stockage avant la mise en service;
- Durée de vie du dispositif entre la première mise en service et le recyclage;

➤ Electrique:

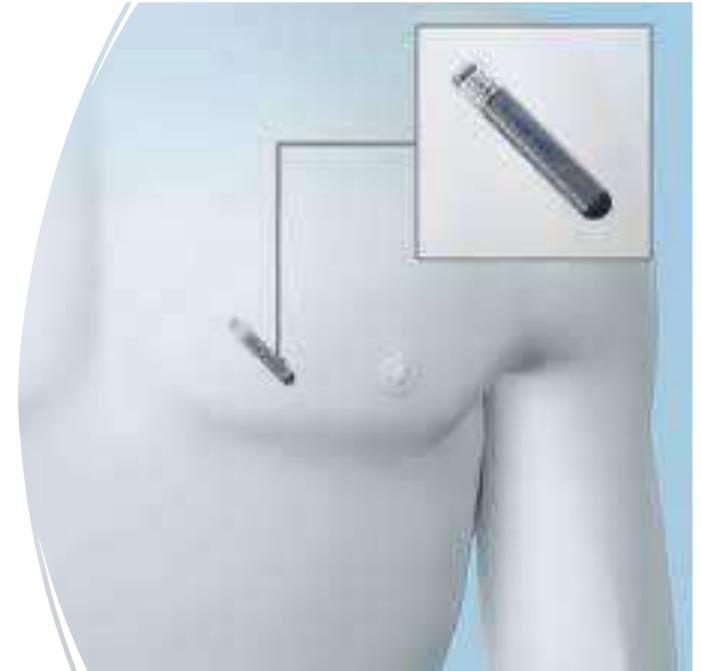
- Tension de coupure ($V_{\text{CUT-OFF}}$): tension électrique minimum de fonctionnement de la charge;
- Courant en mode inactif (I_{DLE}): Courant consommé par le dispositif avant sa première mise en service (stockage);
- Courant de Veille (I_{Q}): courant en fonctionnement lorsque le système est inactif;
- Profil dynamique des courants suivant les modes de fonctionnement;

Exemple de profil dynamique en courant



Autres considérations à prendre en compte

- Encombrement mécanique du volume alloué à la batterie (X, Y Z)
- Condition et durée de stockage avant la mise en service
- Durée de vie du dispositif entre la première mise en service et le recyclage.
- Stérilisation (autoclave)



Etude de cas Tech2AIM

- Implant rechargeable
- Recharge une fois par semaine (160 heures)
- Temps de recharge: 8 heures
- Tension de cut off: 2,7V
- Consommation en mode veille (I_Q): 114,88uA
- Consommation en mode inactif (I_{IDLE}):500nA
- Stockage avant mise en service : 6 mois à 25°C
- Température de fonctionnement: 37°C
- Connection SmartPhone App (BLE) : 1 fois par jour
- Durée de vie:
 - 5 ans implanté
 - Recharge une fois par semaine
 - => 260 cycles

Profil de mission

Mode	Amplitude pulse	Durée pulse	Periodicité
Advertising	4,35mA	3,8ms	1s
Acquisition ECG	4,2mA	3,6ms	250ms
Connection BLE	4,81mA	3,48ms	86400s (1 jour)
Transmission BLE	8,18mA	181ms	86400s



Dimensionnement par le configurateur de batterie VITRUVENS (www.vitruvens.com)

The screenshot shows a web browser at the URL vitruvens.com. The browser's address bar and tabs are visible at the top. The website's navigation menu includes links for HOME, Expertise, Innovations, Services, About us, Careers, and Contact. A prominent orange button labeled 'BATTERY CONFIGURATOR' is highlighted with a blue arrow pointing to it from the right. The main content area features a dark background with blue lightning bolt graphics. On the left, an orange box contains the text 'NEW BATTERY CONFIGURATOR' and a description: 'The first and only online battery configurator to help you calculate your battery capacity, stackage charge loss, energy consumption breakdown and much more.' Below this text is a blue button labeled 'CALCULATE NOW!' with a blue arrow pointing to it from the right. The right side of the main content area displays the Vitruvens logo and the text 'YOUR MEDTECH ENERGY ARCHITECT PARTNER'. At the bottom right, there is a 'Manage consent' button.



Renseignement cas Tech2AIM dans le configurateur: Application / usage

SYSTEM

Usage mode Rechargeable No rechargeable

Expected service time
• between two charges Hours

Expected charge time Hours

Typical operating temperature 25°C 37°C

Voltage
Nominal (Vnom) V
Max (Vmax) V
Min CutOff (Vcut-off) V

Internal Resistance (Ω) (by clicking on the button you can see examples of internal resistance) Ω

Examples of internal resistance of Lithium-ion batteries

Model	Capacity	Package	Internal resistance	
			25°C	37°C
Multicomp	120mAh	CR2032	1,2 Ω	0,4 Ω
Eagle Pitcher Contego	50mAh	0,88cc	-	0,4 Ω
DNK633555	1,6mAh	Prismatic 57,9 x 35 x 6,3mm	1 Ω	-
Panasonic	15mAh	Pin type Diam: 3,65mm Height: 20mm	3,3 Ω	-
Injectpower Solid state battery	200µAh	5,6 x 5,75 x 0,175mm	1400 Ω	700 Ω

Storage
• time duration from the final assembly of the device until its start. ▾

Duration (Total) weeks

Quiescent mode
• quiescent current in operation (Iq) ▾



Renseignement cas Tech2AIM dans le configurateur: profile de mission

ADVERTISING

(Corresponds to the pinging mode of the application)

Activate to indicate advertising characteristics



Peak advertising current (I_{adv})

4,35 mA

Peak advertising duration (T_{adv})

3,8 ms

Pattern Frequency (F_{adv})

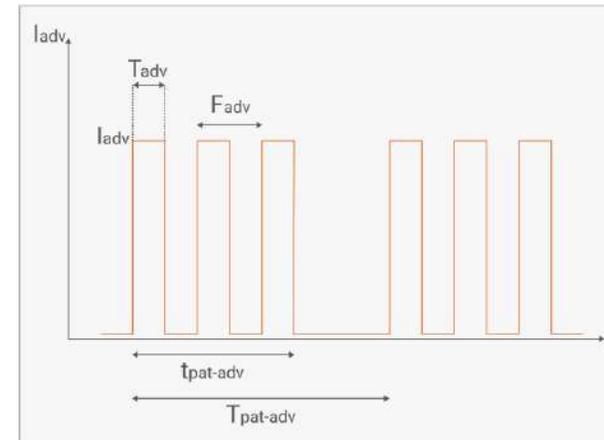
1 Hz

Pattern duration ($t_{pat-adv}$)

1000 ms

Pattern occurrence periodicity ($T_{pat-adv}$)

1 s



DATA ACQUISITION

(Data recording in memory)

Activate to indicate acquisition characteristics



DATA TRANSMISSION

(Corresponds to the radio emission of the stored data)

Activate to indicate transmission characteristics



OTHER EVENT

(Any other event with specific current mission profile)

Activate to indicate other event characteristics



see result



Your battery configurator results

Company VITRUVENS
 Name Igor BIMBAUD
 Job Title CEO
 Email igor.bimbaud@vitruvens.com

Thank you for having used the Vitruvens Battery Configurator.
 This report provides first guidelines for the requirement of the energy system of your "Workshop" project.
 Vitruvens can help you to fully set the specification, build and validate the complete energy system.
 You can contact us at : contact@vitruvens.com

We hope that the Vitruvens Battery Configurator will be usefull for your project.

YOUR INPUTS

SYSTEM	
Usage mode	Rechargeable
Expected service time	160 Hours
Expected charge time	8 Hours
Typical operating temperature	37°C
Voltage	Nominal (Vnom): 3.9 V
	Max (Vmax): 4.1 V
	Min Cut Off (Vcut-off): 2.7 V
Resistance	30 Ω
Storage	Idle current (Isto): 500 nA
	Duration (Tsto): 24 weeks
Quiescent mode	114.88 μA
Advertising	
Peak adverstising current (Iadv)	4.35 mA

Your battery configurator results

OUR RECOMMENDATION

SERVICE CAPACITY

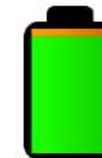
- Minimum battery capacity required to guarantee operation between two charges
- The service capacity does not take into account the ageing mechanism of the battery. You can contact Vitruvens for further informations.



30.71 mAh

In the case of a rechargeable battery the calculation of the service capacity does not include the storage consumption because the battery is supposed to be recharged before entering into service.

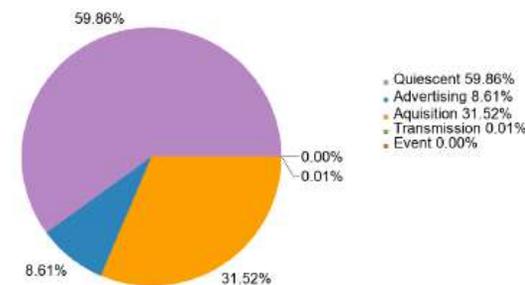
- Charge and capacity lost during stockage



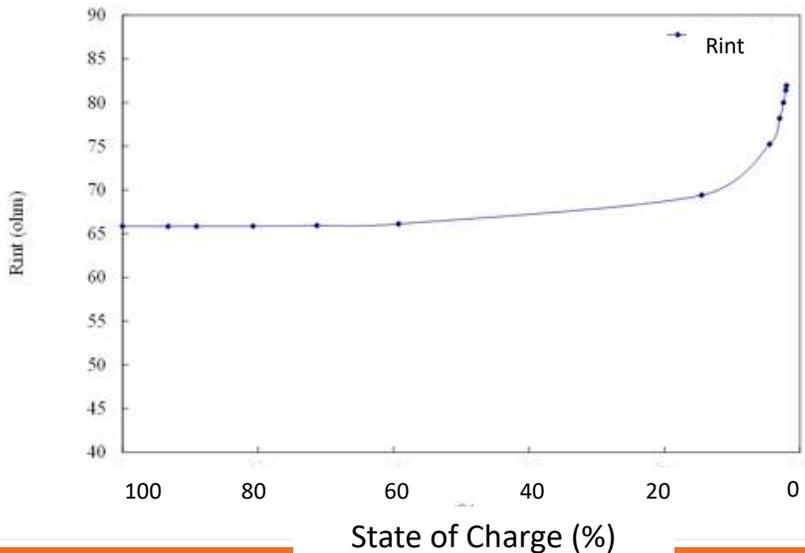
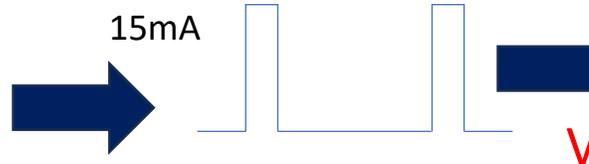
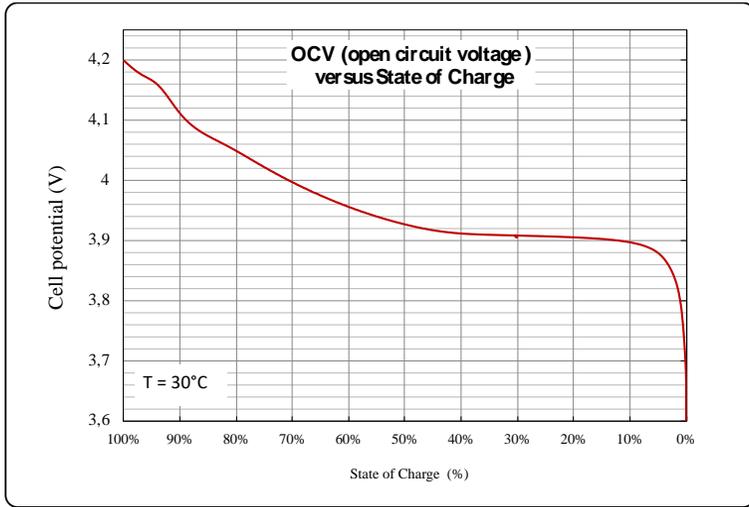
2.02 mAh lost

28.69 mAh

DISPLAY ENERGY CONSUMPTION BREAKDOWN DURING SERVICE OPERATION

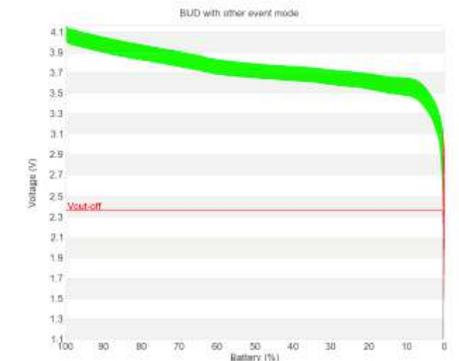
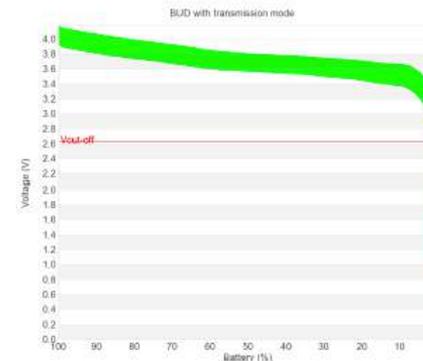
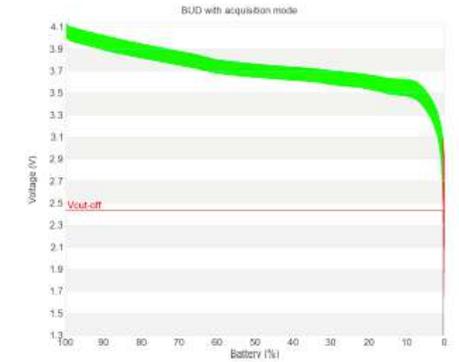
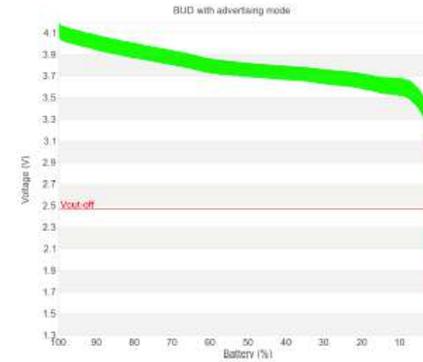


Domaine d'Utilisation Batterie (BUD)



Your battery configurator results

BATTERY UTILIZATION DOMAIN (BUD)



Note: Valid for Lithium ion battery chemistry only

Description of the BUD Curves :

The curves above represent the dynamic discharge curve of the battery for each current mission profile. The band aspect of the curves illustrates the dynamic variation of the voltage of the battery when the peak current is applied. The green section of the curve is the battery utilisation domain (BUD) for the corresponding mission profile. The BUD ends when the voltage drops down to the cut off value (Vcut-off). The red section gives the

Technologie batterie / critère de choix

Les chimies

Anode(-):

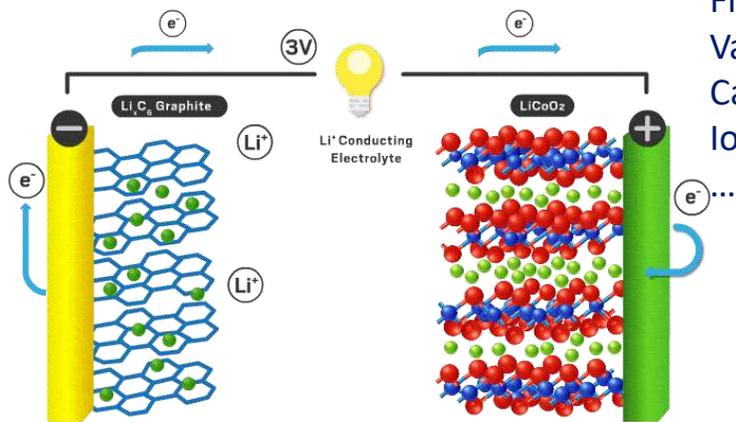
Graphite
Lithium metal
Silicium

Electrolyte:

Liquide
Polymer
Solide

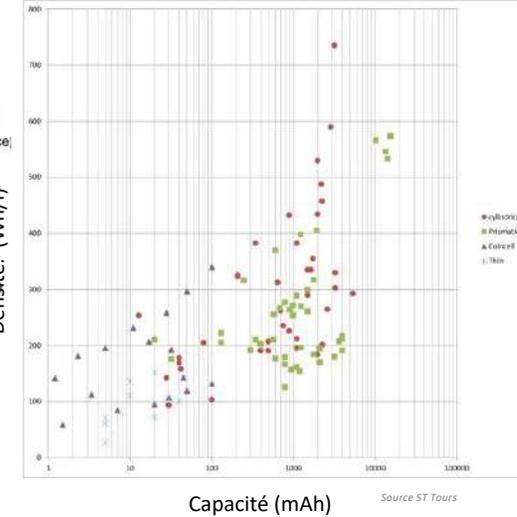
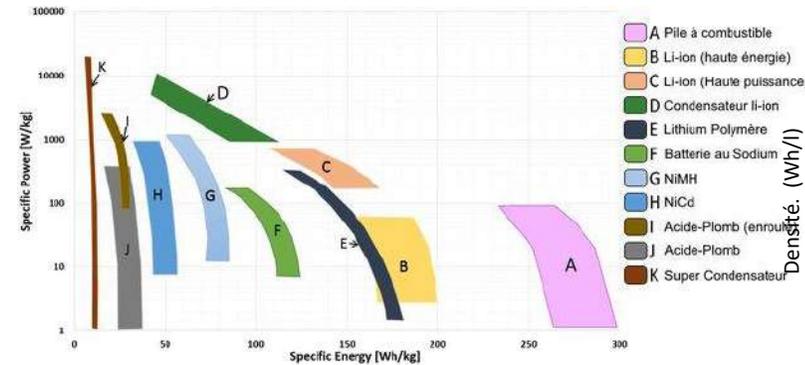
Cathode(+):

Cobalt (Co)
Nickel Manganèse Carbon (NMC)
Lithium Manganèse Oxide (LMO)
Fluor Phosphate (LFP)
Vanadium d'argent (SVO)
Carbon Fluor (CFx)
Iodine (I)



Les compromis

-Le couple électrochimique détermine la tension nominale de fonctionnement (1,2V , 3V, 3,7V, 3,9V...)
-Compromis densité d'énergie (Wh/l , Wh/kg) /densité de puissance(W/kg) / sécurité /facteur de forme/capacité



Les facteurs de forme

pouch



Cylindrique



Prismatique

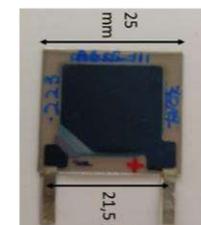


Boitier Titane Medical



Les technologies solides

Batterie choisie projet Tech2AIM

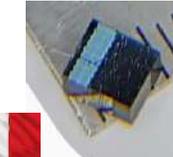


3mAh/3,9V
Épaisseur <500um

injectpower



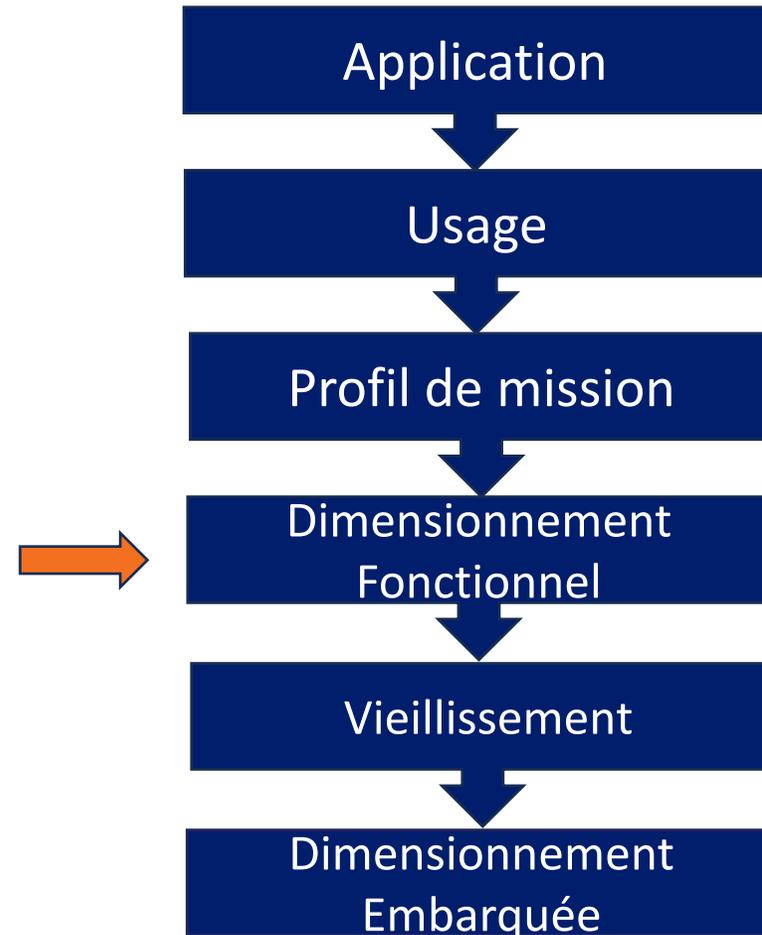
ITEN



-Faible épaisseur
-conformable
-sécurisé
-Potentiellement tolérant à la décharge profonde



Bonne pratique pour dimensionner et choisir une batterie



Prise en compte du vieillissement

➤ Deux mécanismes d'usure:

-Cyclage: Cycle de charge/décharge successif;

-Calendaire: Batterie laissé à un état de charge donné hors cyclage;

➔ Si les mécanismes d'usure sont connus, ils restent difficiles à mesurer et à anticiper!

➤ Modèle de vieillissement batterie solide:

Il existe un modèle de vieillissement de microbatterie solide tel que celle choisi pour le projet



Mécanisme d'usure	Durée	T (°C)	SoC	Taux de défaillance	Perte de capacité
Calendaire	6 mois	25	75%	1ppm	Loss _{STO} = 15%
Cyclage	260	37	100% (DoD =100%)	1ppm	Loss _{CYC} = 32%

Capacité fonctionnelle (C_F): Energie de la batterie minimum pour garantir le fonctionnement du dispositif jusqu'à son dernier cycle de vie. = 30,71mAh

Capacité Embarquée: Capacité nécessaire pour compenser les mécanismes d'usure = $C_F / (1 - \text{Loss}_{\text{STO}}) \times (1 - \text{Loss}_{\text{CYC}}) = \mathbf{53 \text{ mAh}}$



Conclusion

L'énergie fait partie intégrante de la stratégie d'un projet et peut être un incroyable différentiateur mais ...

... elle peut aussi être un réel show stopper/market killer si elle n'est pas prise en compte suffisamment tôt dans la conception.

Comme toute technologie le choix d'une batterie est le résultat de compromis parmi de nombreux critères.

Concevoir un système d'énergie autonome exige

- Comprendre d'abord l'environnement et les contraintes d'usage et/ou des utilisateurs
- Remettre en perspective les métriques (Courant en veille 115uA représente 60% de la consommation du système Tec2AIM)

VITRUVENS et le CRESITT joignent leurs forces pour vous accompagner



CONCLUSION

CRESITT
vitruvens

ATELIER
Consommation énergétique et batteries pour les DM

24 JAN 2024

Visio & Présentiel
Au WAZA à Tours
De 13h30 à 18h

Atelier gratuit
inscription obligatoire

NiCd Gel
16Ah
LiFePO4

LiPo

Solide
NiMH
LiSoc12
Lithium Ion

Logo of the French Republic

Cofinancé par l'Union européenne

REGION CENTRE VAL DE LOIRE

HEALTHCARE LOIRE VALLEY

S2&2

[VLAD] BATTERIES - PILES

WE WELFARE ELECTRONIC

Prochains événements CRESITT

Formations 2024

- « Marquage CE appliqué à la CEM » 3 avril, 26 septembre
- « Formation FPGA » ,1-3 juillet
- « Intégration d'antennes dans le monde de l'IOT », 12-13 mars

Evénements 2024

- Atelier CEM avec Würth, 21 février
- Atelier Banc de tests, 19 mars
- Innovations pour l'industrie, 18 juin
- Alimentations des systèmes embarqués, 8 octobre





Co-funded by
the European Union

Funded by the European Union under Grant agreement n°101083383. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union. The European Union cannot be held responsible for them

EDIH Polytronics

<https://polytronics.eu/>

- guichet unique avec financements pour les entreprises qui :
- ont des projets de produits intégrant plastiques/polymères et électronique/traitement des data / IA,
 - ou qui fabriquent ces systèmes et veulent améliorer leur production

Financement européen 50 % +

Financement des régions CVL, AURA, BFC : 20 à 25 %



MERCI A TOUS!



Cofinancé par
l'Union européenne



Votre avis !

Questionnaire de satisfaction papier ou en ligne !

www.cresitt.com

CRESITT Industrie, Orléans

02 38 69 82 60

Elisabeth.patouillard@cresitt.com / Christophe.Alayrac@cresitt.com

