

Semaine Géomatique & Télédétection en Guyane

L'imagerie spatiale et les nouvelles technologies au service du Territoire

Présentation du projet CARTEL



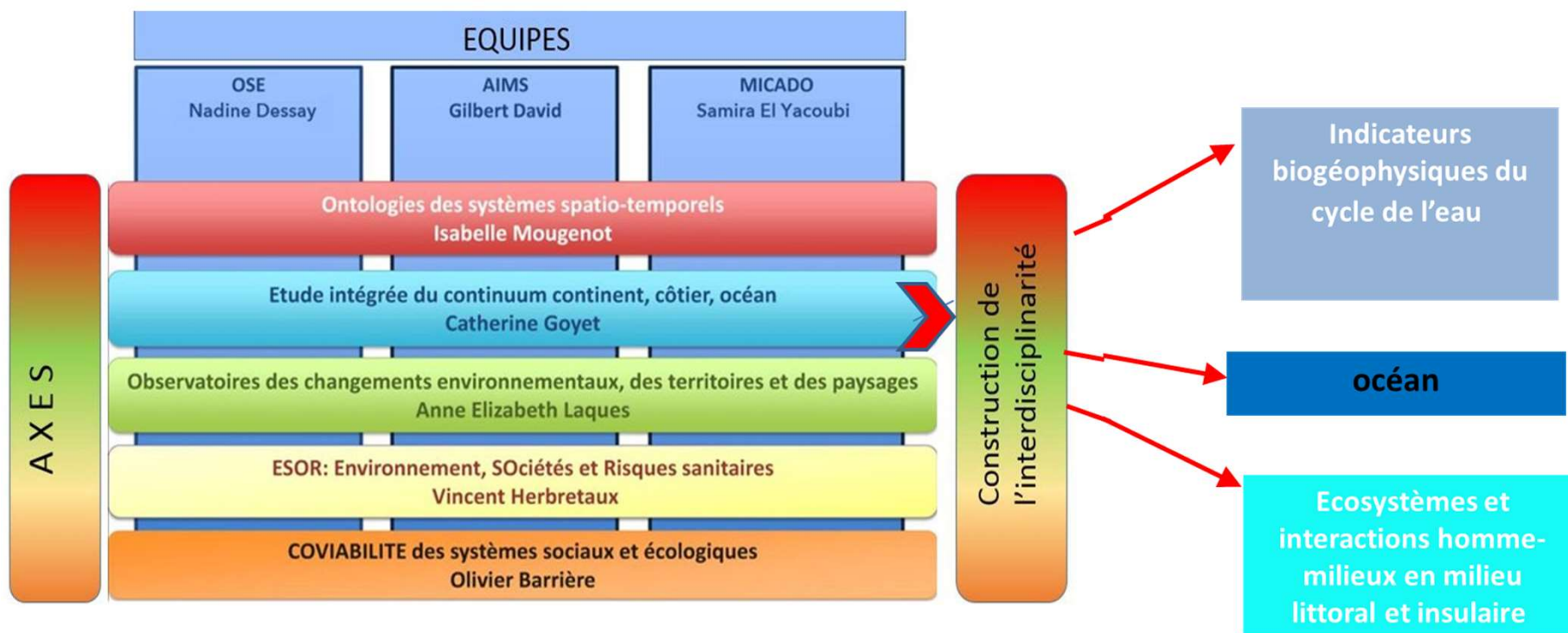
Cayenne, le jeudi 21 octobre 2021

SOMMAIRE

- **Présentation de l'UMR Espace Dev.**
- **Problématique des capteurs *in-situ***
- **Transducteur communicant approprié aux milieux amazoniens**
- **Mise en œuvre et réalisation de la « tête de mesure sensible »**
- **Développement de la plateforme « terrain »**
- **Interrogation à distance du capteur**
- **Travaux supplémentaires et annexes**
- **Perspectives en 2022**

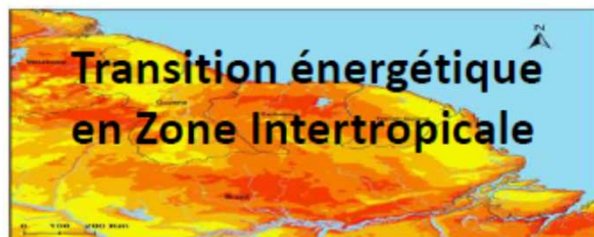
PRESENTATION UMR ESPACE DEV.

Carmen GERVET, directrice
 Gwennaëlle PENNOBER, directrice adjointe univ. Réunion,
 Benjamin SULTAN, directeur adjoint IRD,
 Laurent LINGUET, directeur adjoint univ. Guyane,

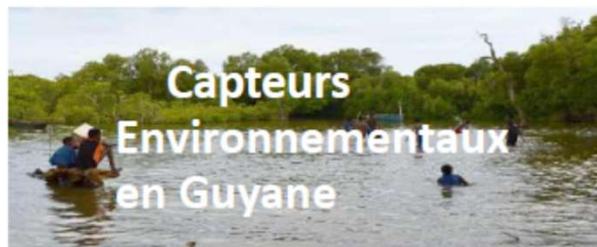


PRESENTATION UMR ESPACE DEV. GUYANE

3 axes de recherche



Appui au développement
de l'énergie solaire en
zone intertropicale



Conception de capteurs pour
la détection biochimique en
milieux aérien et liquide



Modélisation de
phénomènes
environnementaux

- 25 membres
- 1 PU, 12MCF
- 7 doctorant-es
- 1 AI
- 4 contractuels

**Systèmes Embarqués
Communicants Autonomes
en Amazonie - SysAA**

POURQUOI DES CAPTEURS *IN – SITU* ?

Méthodes usuelles pour l'analyse « biochimique » des eaux

Téledétection

- Comportement spatio-temporel global en un point
- Difficile estimation du comportement de la cible dans la profondeur de l'eau
- Estimation compliquée en cas de couverture nuageuse

Collecte in situ d'échantillons pour analyse en laboratoire

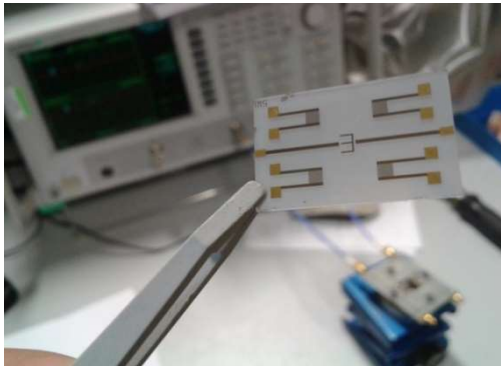
- Opérations logistiques lourdes
- Difficile de faire un échantillonnage exhaustif
- Conditionnement et transport de l'échantillon à assurer
- Coût élevé pour l'analyse de l'échantillon (instrumentation et personnel)

Mesures effectuées par les populations locales

- Intérêt des populations locales
- Formation du personnel (comment faire une bonne mesure)
- Rendre la prise de mesure « amusante »

STRATÉGIE DE L'ÉQUIPE SYSAA D'ESPACE DEV.

Du micro système
dédié « ad hoc »



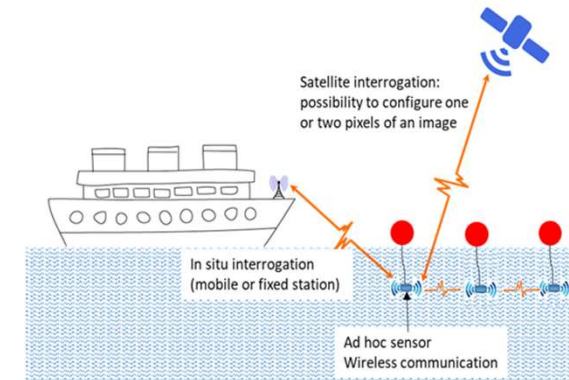
Mise en œuvre et conception
de la tête de mesure sensible
en laboratoire

à la mise en œuvre du
laboratoire terrain mobile



Instrumentation et système
d'interrogation (trans)portables

jusqu'au réseau de
capteurs *in situ* autonome



Dispositifs en nappe (réseaux)
pour le suivi de l'information en
temps réel d'un site



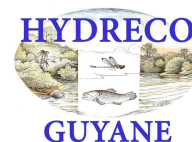
Plate-forme de détection (bio) chimique adaptable, compacte et
communicante (IoT) pour les eaux et environnements amazoniens

PROJET CARTEL (CAPTEURS EN APPUI DE LA TELÉDÉTECTION)

FINANCEMENT FEDER + CNES : 327k€ + 100k€ (1Thèse +1PostDoc)

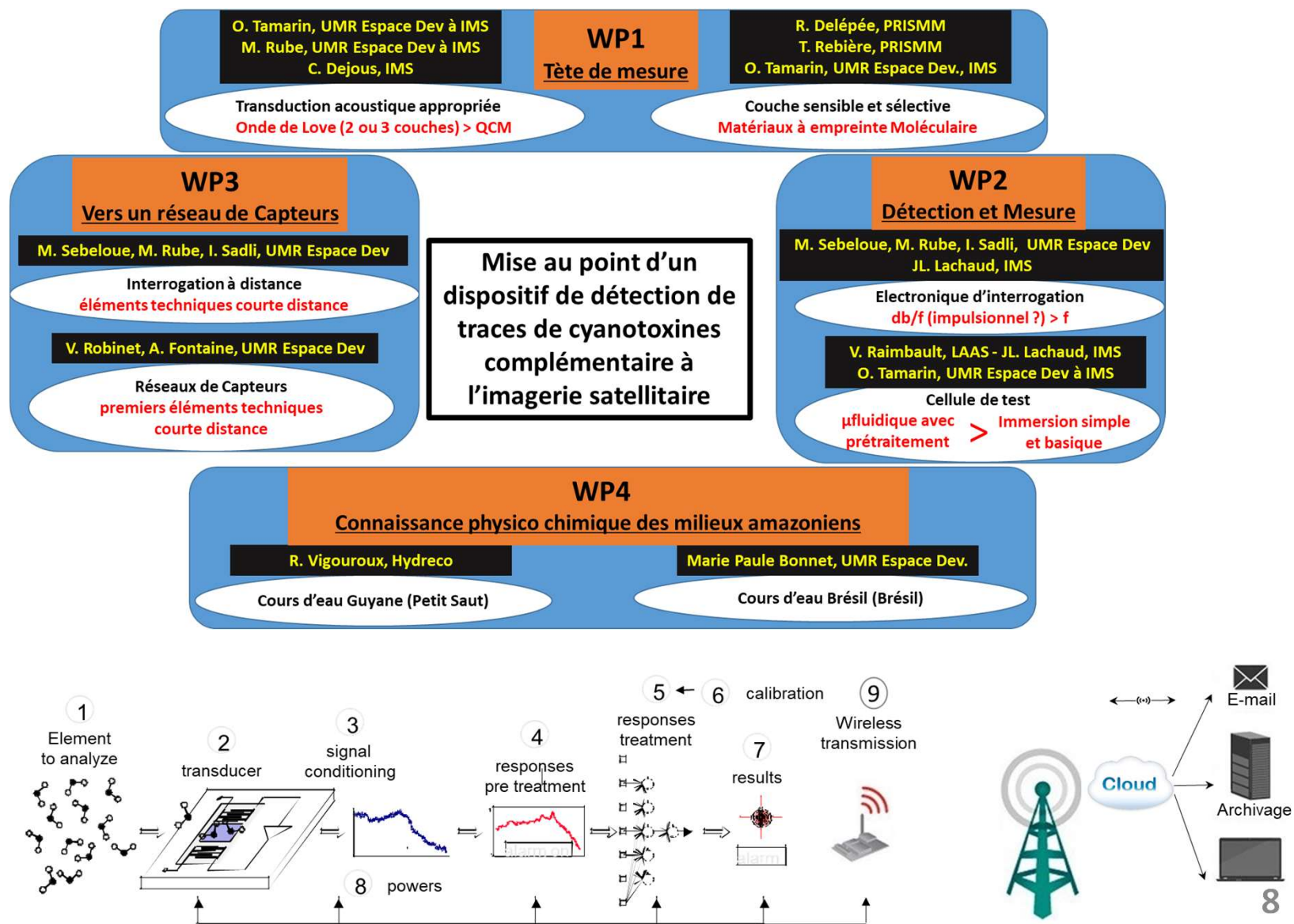


PARTENAIRES :

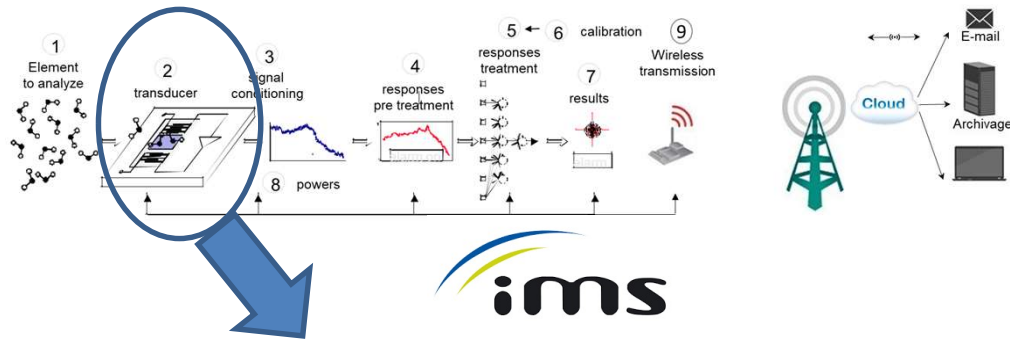


DUREE : 2019 – 2022

PROJET CARTEL (CAPTEURS EN APPUI DE LA TELÉDÉTECTION)



CHOIX DU TRANSDUCTEUR



Transducteur à ondes acoustiques de surface (SAW):
=> Filtre Radio Fréquence très utilisé dans les télécommunications

MICROCHIP
Vectron Product Portfolio

Contact us | Login | Search

Our company | Investor relations | Products | Markets | Newsroom

Product Search

High Power SAW Filters

Go to SAW Filter Table

High Power SAW Filters

Increased signal power level is a key approach when good signal-to-noise ratio in RF transmission systems or outstanding noise floor in oscillator signals is required. While small size is one of the key advantages of Surface Acoustic Wave (SAW) filters compared to competing technologies, the combination of high power levels and small size results in high power densities and therefore risk of premature failure for highly miniaturized solutions. Vectron's innovative solutions allow realizations of SAW filters with substantially improved power handling capabilities and therefore help system designers to achieve their performance goals.

Download our White Paper to understand the capabilities and limitations of SAW technology with regards to high RF power levels, power-related failure modes and Vectron's capabilities to realize SAW component solutions with substantially increased power handling compared to standard SAW solutions.

Download White Paper

High Power SAW Filters

19 x 6mm, 13 x 6mm, 9 x 7mm, 9 x 5mm, 7 x 5mm, 5 x 5mm, 3.8 x 3.8mm, 3 x 3mm

power (dBm)

frequency (MHz)

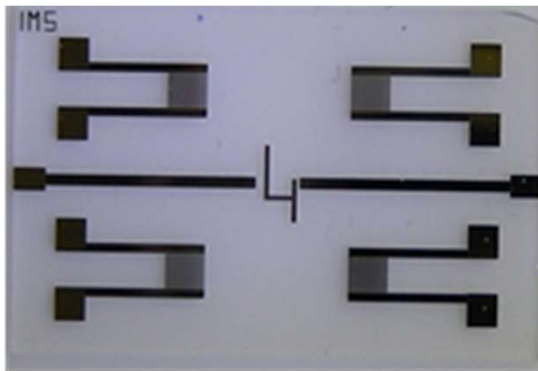
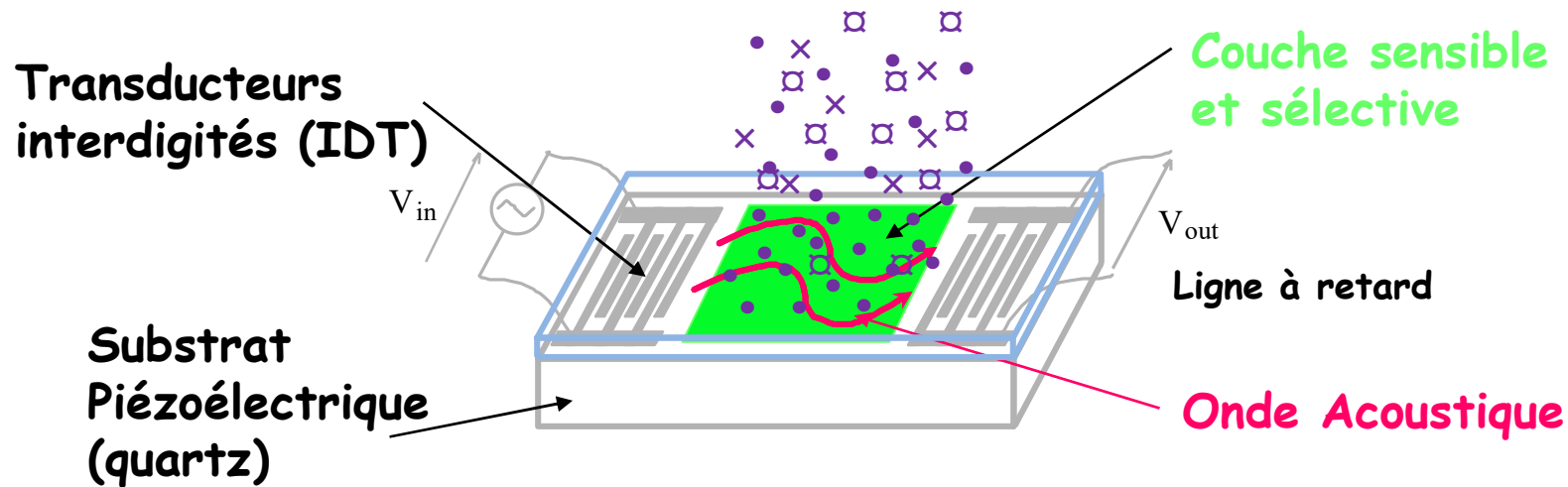
En configuration

« capteur »

- Bonne sensibilité
- Détection en temps réel
- Fonctionnalisation en surface
- Régénérable
- Robuste
- Compatible microfluidique
- Embarquable, communicant
- Mise en réseau (IoT)
- Facile (amusant) à utiliser (logiciel)
- Faible coût (matériel, humain)

CHOIX DU TRANSDUCTEUR

Transducteur à ondes de Love pour des applications en milieu liquide



Couche sensible spécifique
à l'espèce cible

Capteur Biochimique à ondes de Love

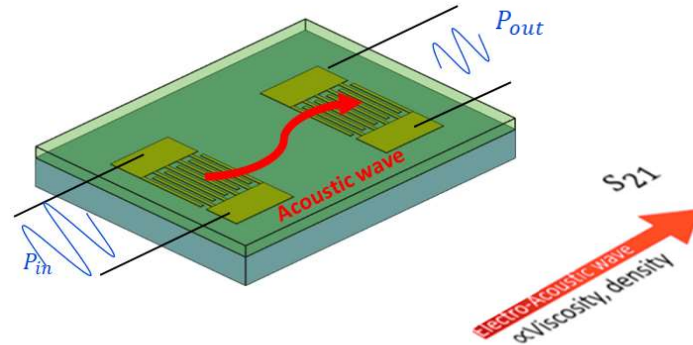
MISE EN ŒUVRE DU TRANSDUCTEUR

Application à la détection en milieu liquide amazonien

=> Protocole permettant une réponse enrichie du capteur (Thèse M. Rube)

Méthode classique : exploiter uniquement la réponse acoustique du capteur

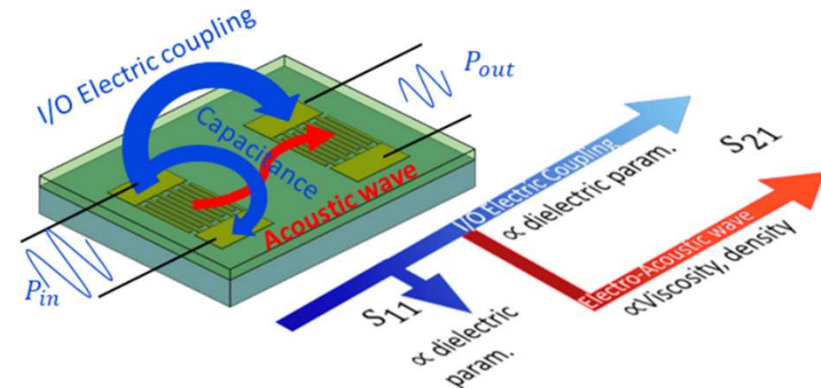
⇒ Sensibilité à l'effet de masse



Méthode alternative : exploiter la réponse multiphysique du capteur (acoustique et électrique)

⇒ Sensibilité à l'effet de masse

⇒ Sensibilité aux paramètres diélectriques du liquide



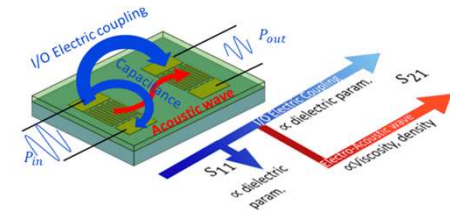
M. RUBE, O. TAMARIN, M. SEBELOUE, I. SADLI, H. HALLIL, L. LINGUET, D. REBIERE, C. DEJOUS. « Unconventional protocol for SAW sensor: multi-physic response enrichment in liquid medium ». *IEEE Sensors Journal*, 02 July 2021, DOI: 10.1109/JSEN.2021.3094299.

M. RUBE, O. TAMARIN, M. SEBELOUE, H. HALLIL, L. LINGUET, D. REBIERE, C. DEJOUS. « A Dual Love wave and Impedance-based Sensor: Response Enrichment. » 2020 IEEE Sensors Virtual Conference | October 25-28, 2020 WTC Rotterdam, pp. 1-4, **3rd - Best student paper Award**.

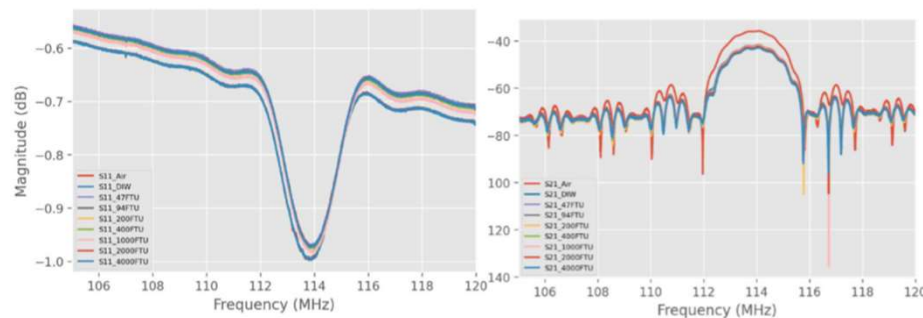
REPONSE DU TRANSDUCTEUR

Mise en œuvre du capteur en milieu liquide turbide

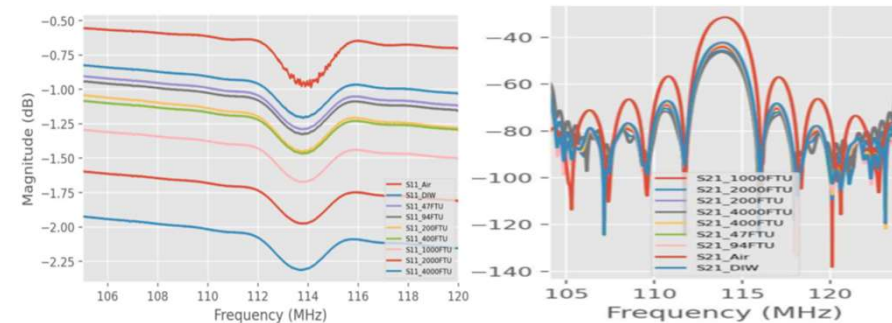
Réponse du capteur aux solutions de Formazine (-> 4000 FTU) - Thèse A. Choudhari.



Méthode classique



Méthode alternative



Réponse d'un spectrophotomètre aux solutions de Formazine (Onda V10 Plus)

Samples (FTU)	450 nm		880 nm		940 nm	
	Trans (%)	Abs	Trans (%)	Abs	Trans (%)	Abs
2000	0.1	2.974	0.4	2.421	0.5	2.326
1000	0.4	2.410	1.6	1.800	1.8	1.745
400	3.9	1.411	13.3	0.875	14.8	0.830
280	7.2	1.147	20.2	0.692	22.15	0.655
200	16.0	0.790	33.7	0.474	35.6	0.441
94	48.2	0.318	65.5	0.184	68.2	0.167
47	67.1	0.174	78.7	0.105	79.7	0.099
7	83	0.080	90	0.046	90.5	0.044

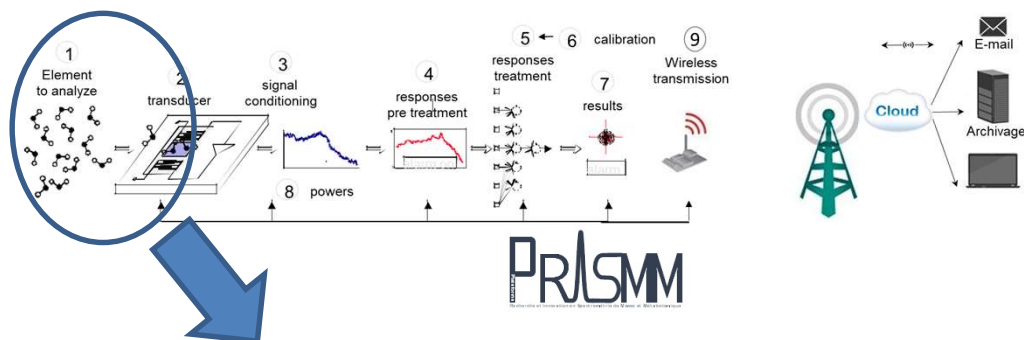
➡ 16 % du signal émis à 200 FTU

Réponse d'une sonde Hanna (HI 98129) aux solutions de Formazine

Liquid sample (FTU)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)
2000	3999 (max limit)	2000 (max limit)
1000	3684	18775
400	1888	965
280	1198	675
200	914	459
94	368	188
47	253	129
7	117	59
DI water	0	0

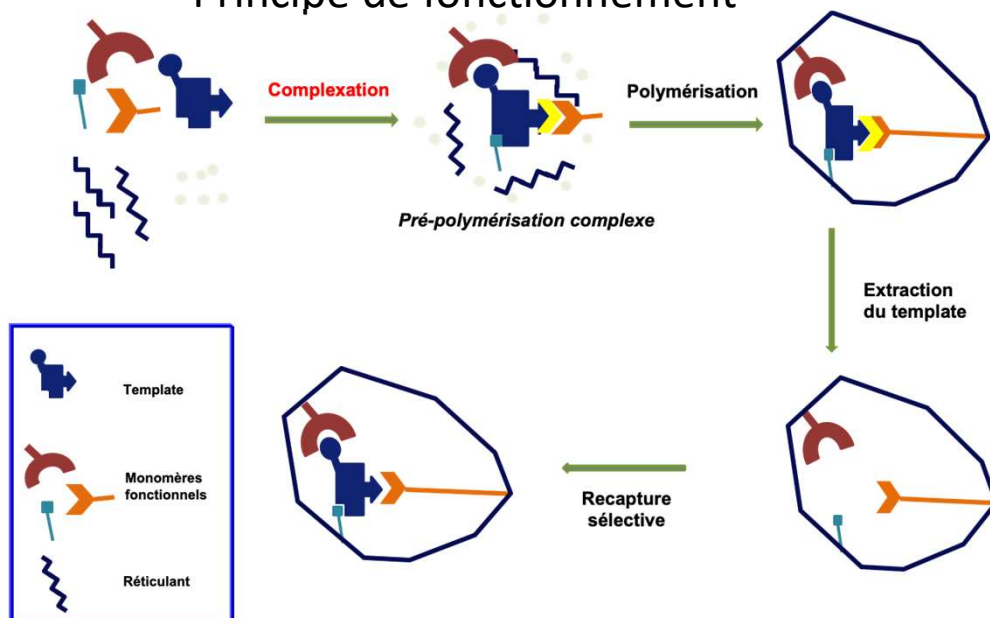
➡ Saturation du signal à 2000 FTU

REALISATION DE LA COUCHE SENSIBLE



Couche sensible de polymère à empreintes moléculaires (MIP)

Principe de fonctionnement



Avantages des MIPs

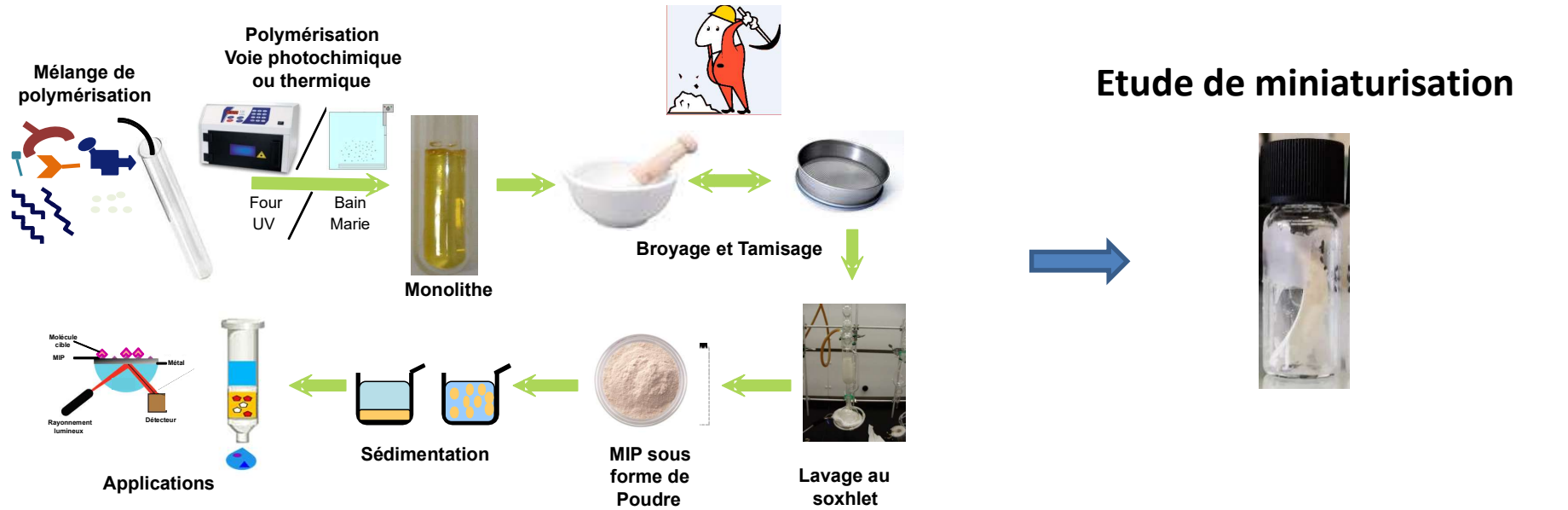
- Grande sélectivité et affinité à la molécule cible
- Relative facilité à mettre en œuvre une couche dédiée
- comparés aux systèmes biologiques :
 - ✓ grande robustesse physique, grande solidité
 - ✓ grande résistance aux températures et pressions élevées
 - ✓ grande inertie vis-à-vis des acides, des bases, des ions métalliques et des solvants organiques
 - ✓ moins coûteux à synthétiser et la durée de conservation des polymères peut être très élevée, (conservation des capacités de reconnaissance pendant plusieurs années à température ambiante)

Avantages vis-à-vis de la transduction acoustique

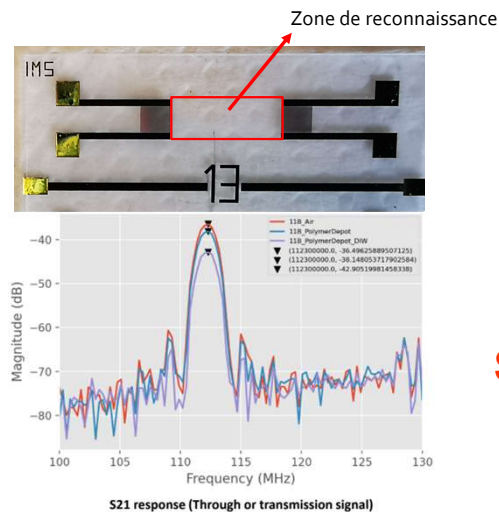
- Compatibilité acoustique
- Porosité de la couche sensible

NIP (non imprinted polymer) : synthèse identique au MIP mais sans le template

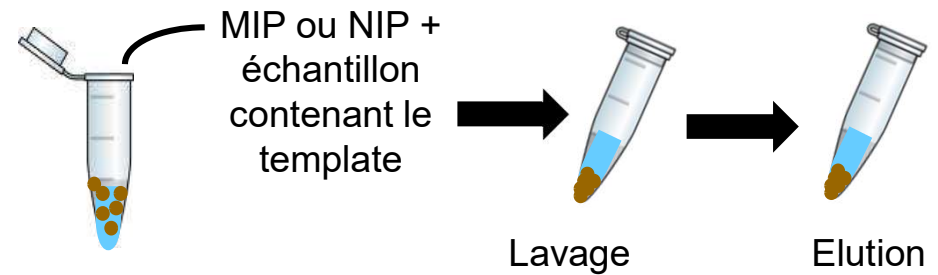
REALISATION DE LA COUCHE SENSIBLE



Essai de dépôt



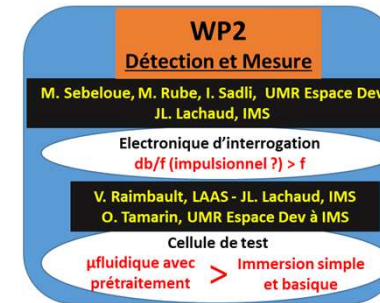
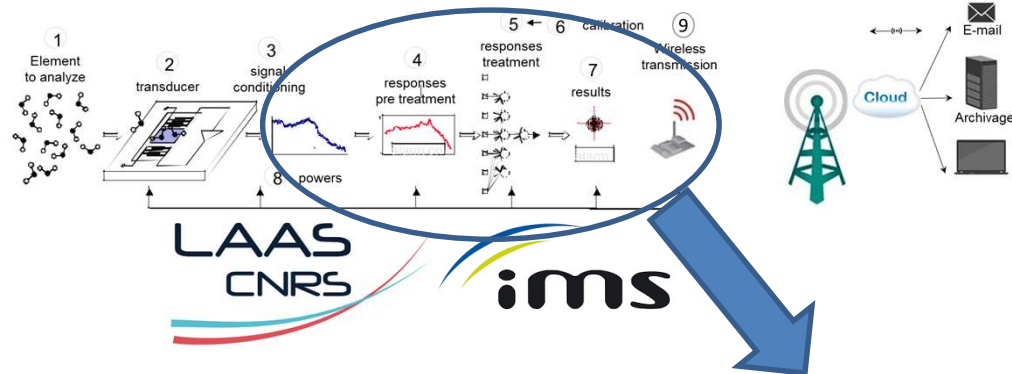
Tests de recapture



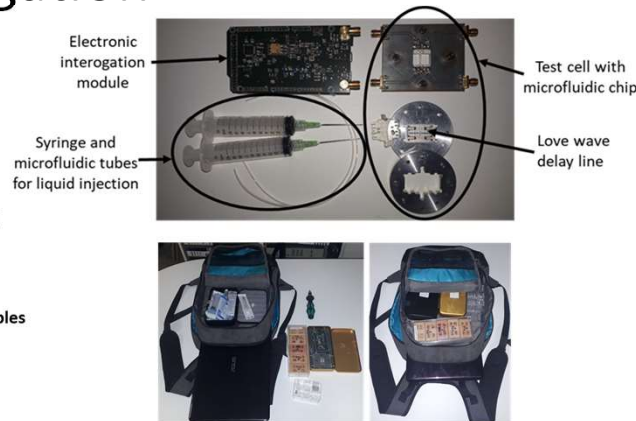
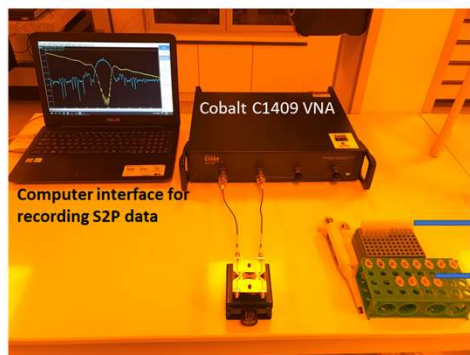
Spécificité : Facteur d'impression $FI = \frac{MIP}{NIP} = 3,6$

Elution

MISE EN ŒUVRE DE LA PLATEFORME TERRAIN



Electronique d'interrogation



Des mesures en laboratoire

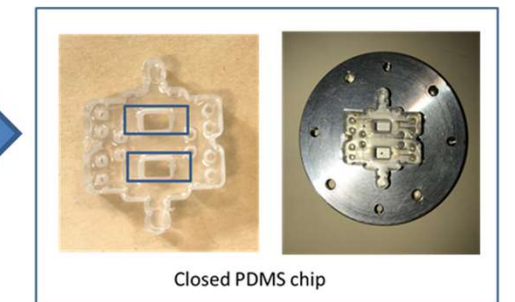
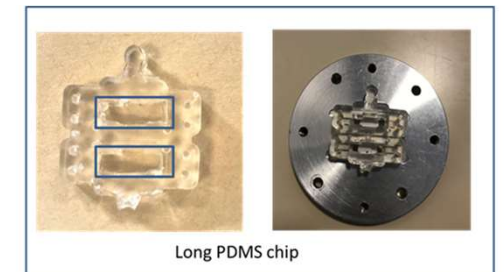
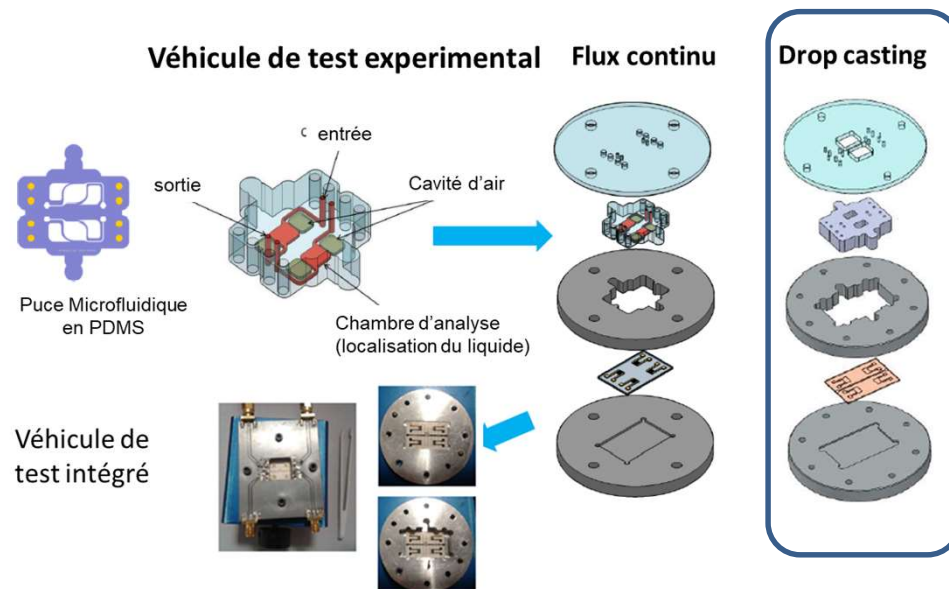


à l'expérimentation terrain (laboratoire mobile)

MISE EN ŒUVRE DE LA PLATEFORME TERRAIN

Mesure en milieu liquide

Véhicule de test avec son instrumentation microfluidique



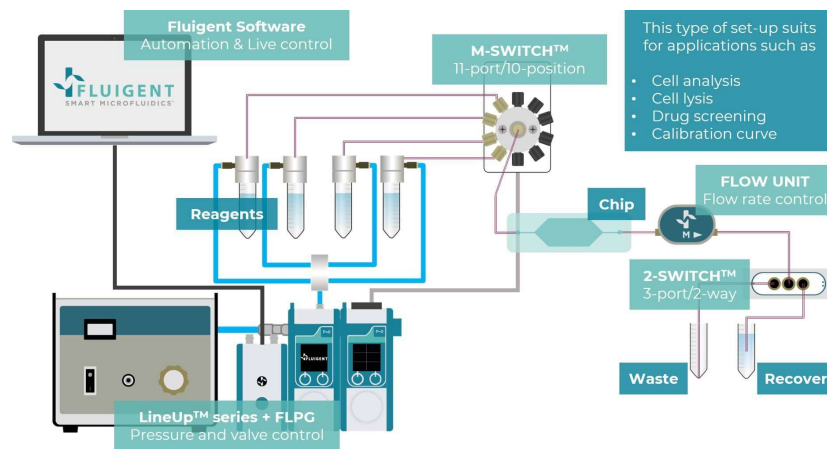
Thèse A. Choudhari

MISE EN ŒUVRE DE LA PLATEFORME TERRAIN



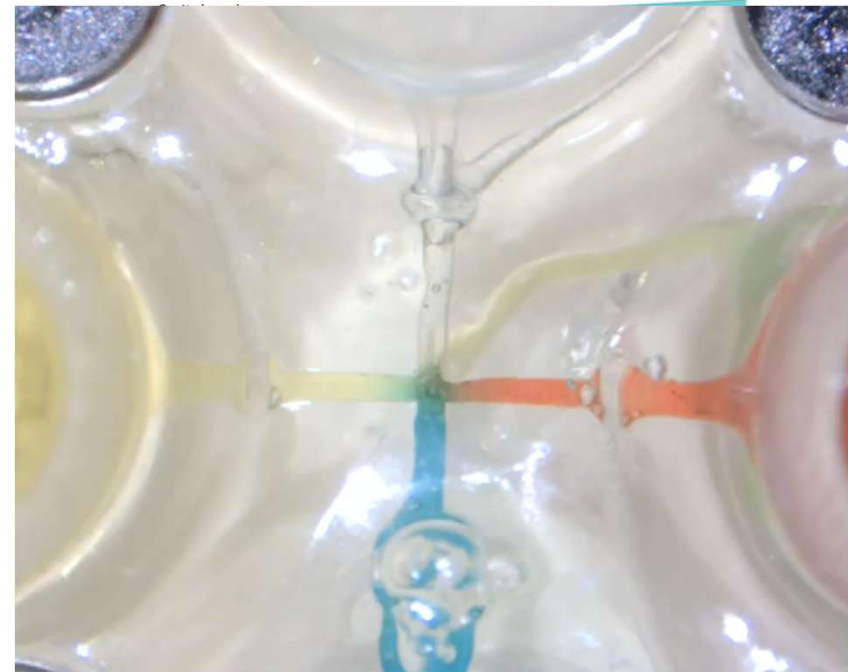
Mesure multiplexée en milieu liquide

Système utilisable en laboratoire, difficile
à mettre en œuvre sur le terrain

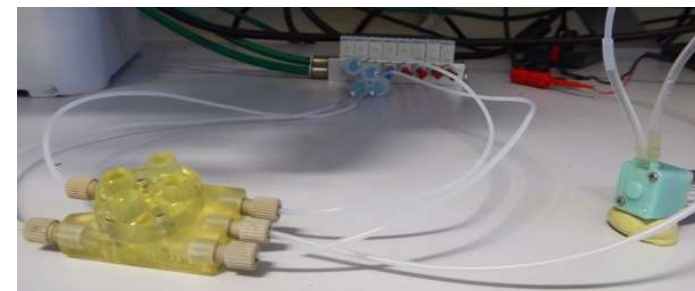


<https://www.fluigent.com/>

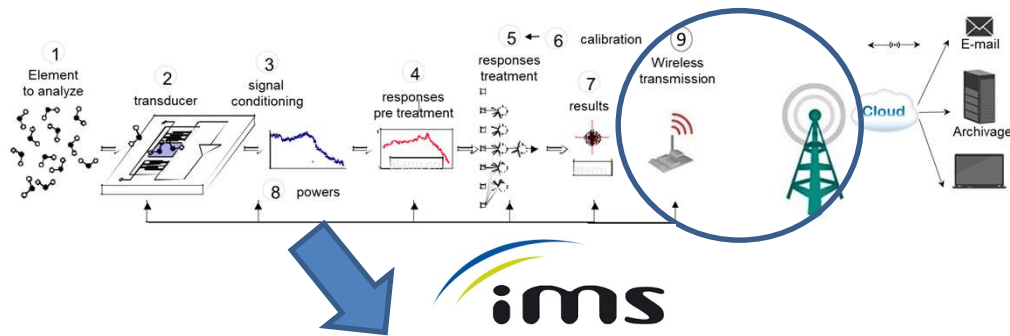
Système faible coût, 4 vers 1
utilisable sur le terrain en autonomie



Postdoc W. Gonji
01/11/2021

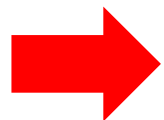
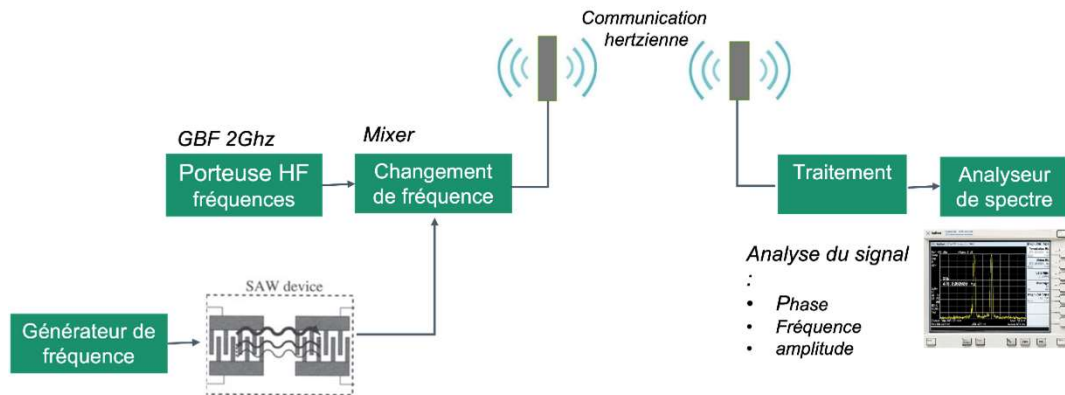


INTERROGATION A DISTANCE

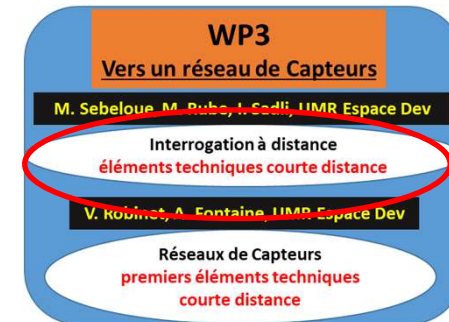


Interrogation antenne hertzienne

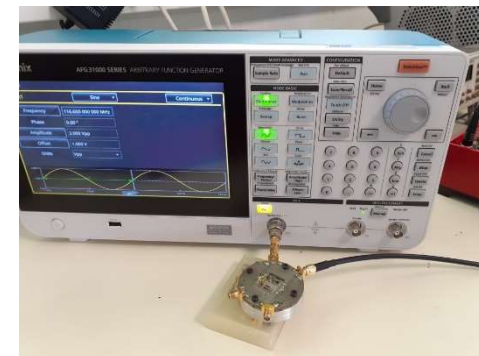
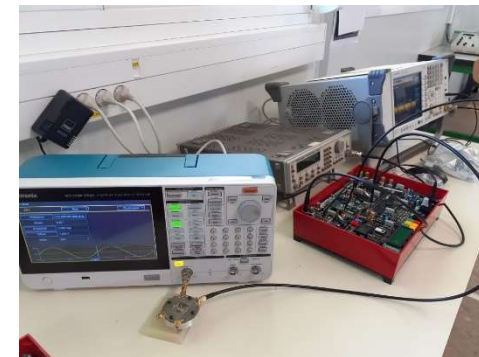
Adressabilité - IoT



Projet étudiant BUT GEl en cours
Réalisation des circuits d'interrogation



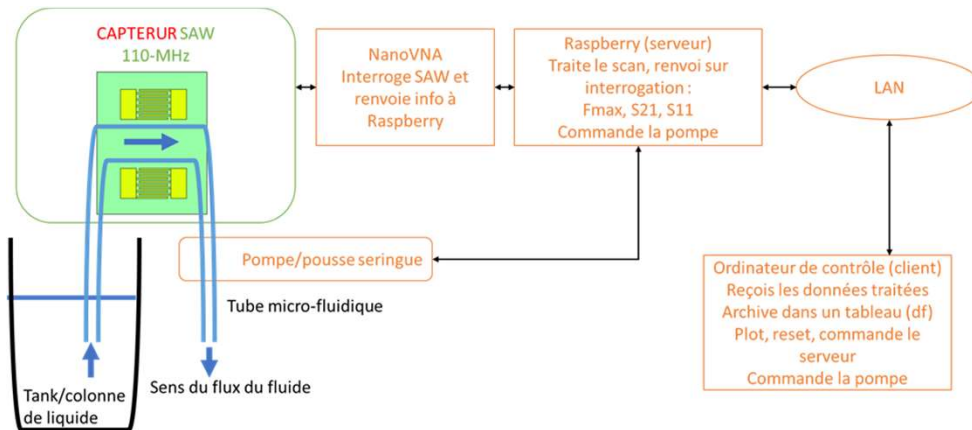
Premier prototype



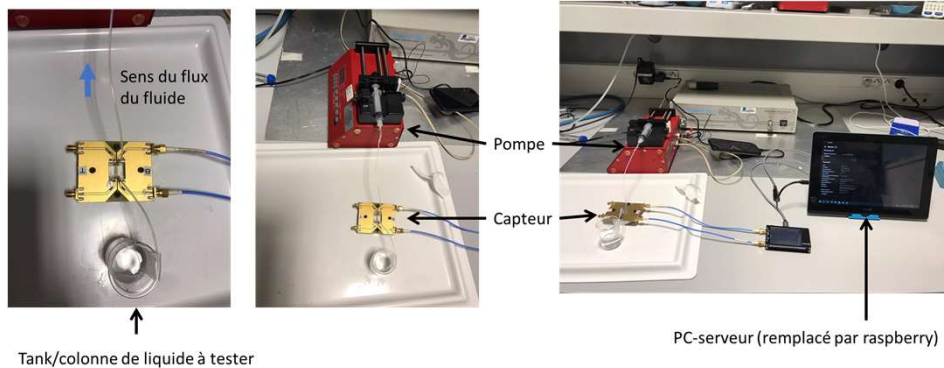
INTERROGATION A DISTANCE

Interrogation via réseau LORA

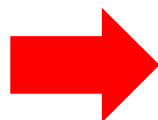
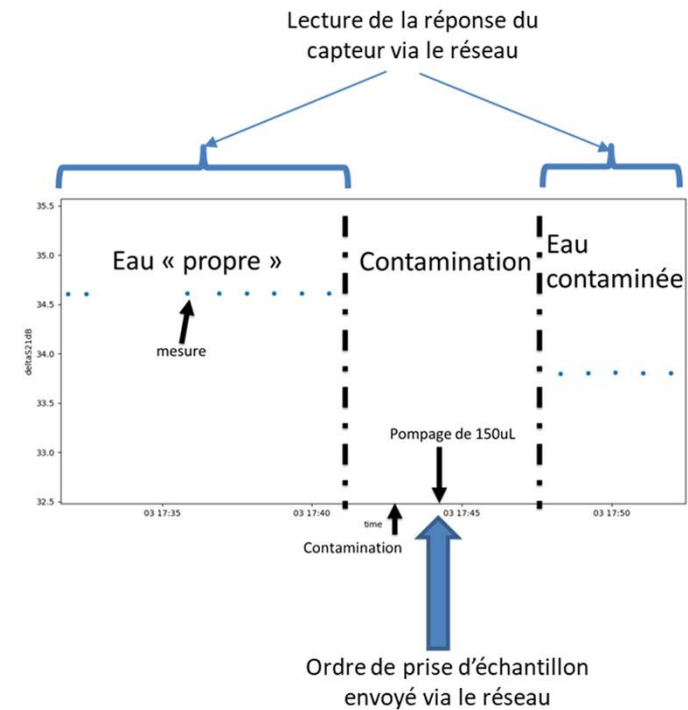
Principe



Premier prototype



Résultats préliminaires



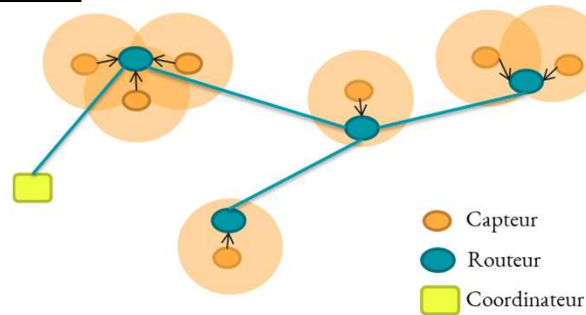
Stage ingénieur début 2022 pour embarquer ce système dans un drone marin

VERS UN RESEAU DE CAPTEURS

Mise en œuvre de capteur en nappe

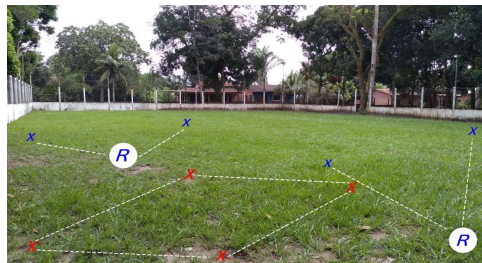
Projet Senscoil (Guyamazon 4) Partenariat Université Fédérale du Maranhão

Principe

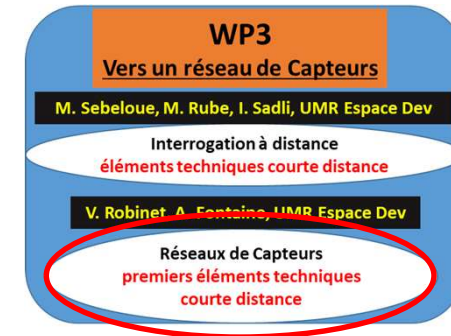


Réseau de capteur représenté par un graph

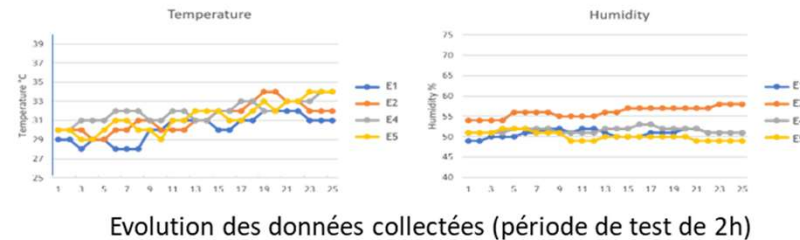
Premier prototype



Répartition des noeuds sur le terrain (topologie en étoile et en arbre)



Résultats préliminaires



Interface Web

R. M. C. Silveira, F. P. R. S. Alves, A. Fontaine, E. E. C. Santana: A Web-Service to Monitor a Wireless Sensor Network. ICWS 2019

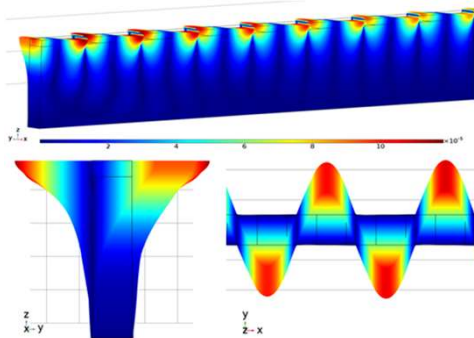
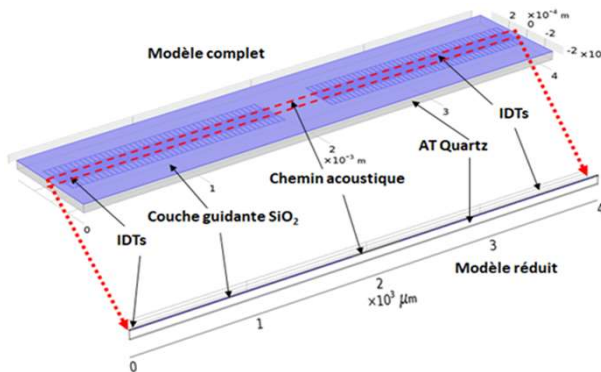
R. M. C. Silveira, T. D. Rocha Dutra, F. P. R. Sampaio Alves, A. Fontaine, T. Desjardins, R. C. S. Freire, A. K. D. Barros, E. E. C. Santana: Monitoring an Environment Using Wireless Sensor Network. INSCI 2019



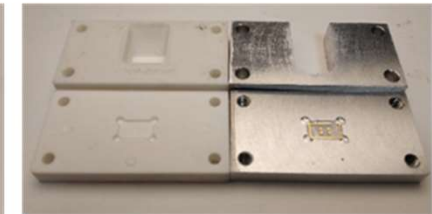
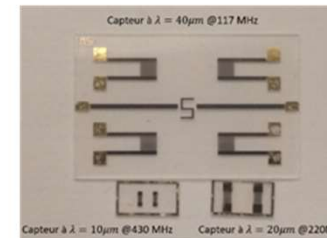
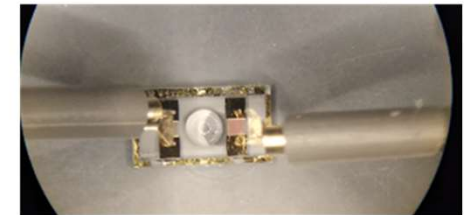
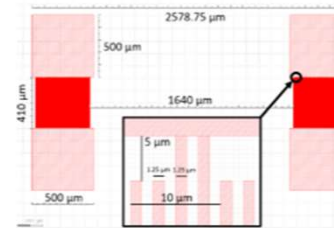
Stage ingénieur début 2022 pour adapter ce système aux capteurs à ondes de Love

TRAVAUX SUPPLEMENTAIRES CARTEL

Conception de capteurs à ondes de Love « haute fréquence »



Du modèle à la
conception et la
réalisation du capteur



M. RUBE, O.TAMARIN, J.L. LACHAUD, M. SEBELOUE, L. LINGUET, D. REBIERE, C. DEJOURS, « Optimization and design of a Love Wave sensor device at 433 MHz by Finite Element Modeling. » 2019, 4th International Symposium on Instrumentation Systems, Circuits and Transducers (INSCIT), Sao Paulo, Brazil, 2019, pp. 1-6. DOI: 10.1109/INSCIT.2019.8868676

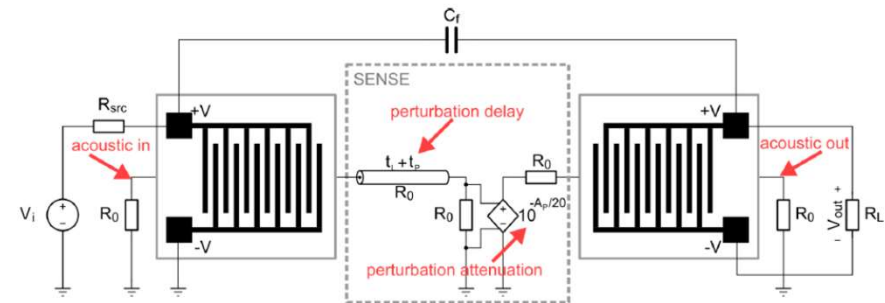
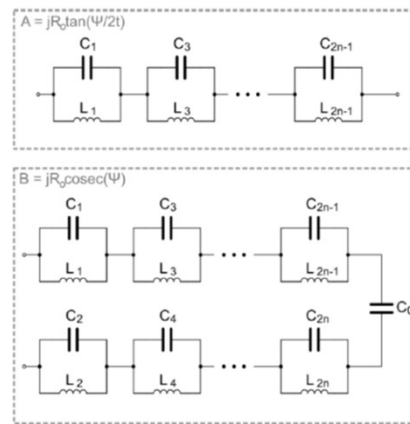
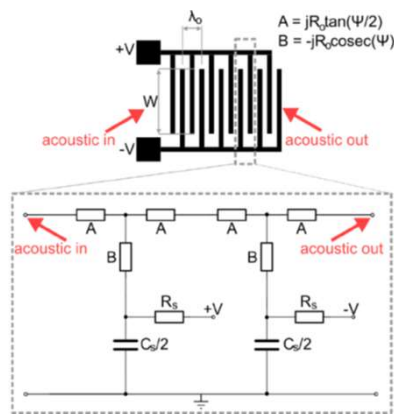
O. TAMARIN, M. RUBE, C. BOISSIERE, J.L. LACHAUD, H. HALLIL, C. DEJOURS, D. REBIÈRE, « Finite Element Modelling design and optimization of Love Wave mesoporous transducers for biochemical detection in liquid medium. » 2018 3rd International Symposium on Instrumentation Systems, Circuits and Transducers (INSCIT), Bento Goncalves, 2018, pp. 1-6. – **Best Paper Award of the Conference.** DOI: 10.1109/INSCIT.2018.8546720

TRAVAUX ANNEXES - CARTEL

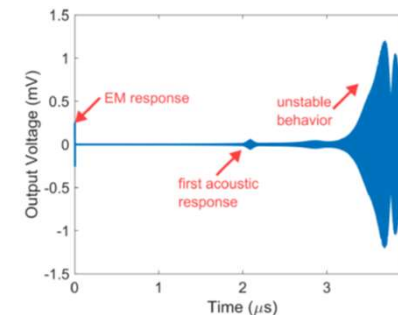
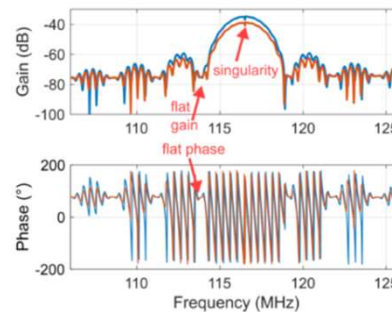
Mise en œuvre de composants à ondes de Love « virtuels » 

Modélisation et simulation de circuits électroniques d'interrogation dédiés

Circuit équivalent dans l'environnement Pspice Application du théorème de Foster



Très bons résultats en première approximation dans les domaines temporels et fréquentiels



Partenariat Université Fédérale de Sergipe et Campina Grande (Paraíba)

TRAVAUX ANNEXES - CARTEL

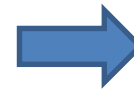
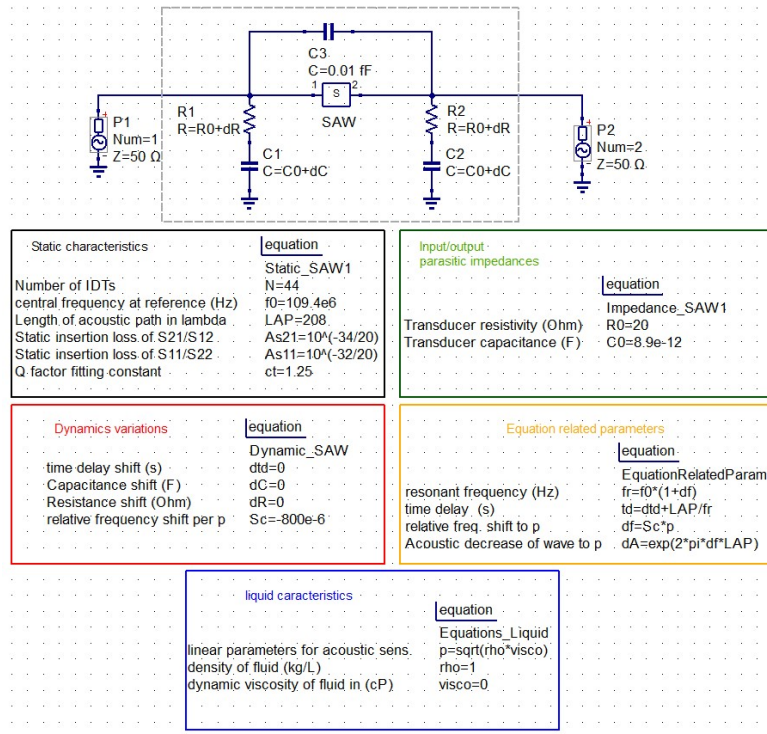
Mise en œuvre de composants à ondes de Love « virtuels »

Modélisation et simulation de circuits électroniques d'interrogation dédiés

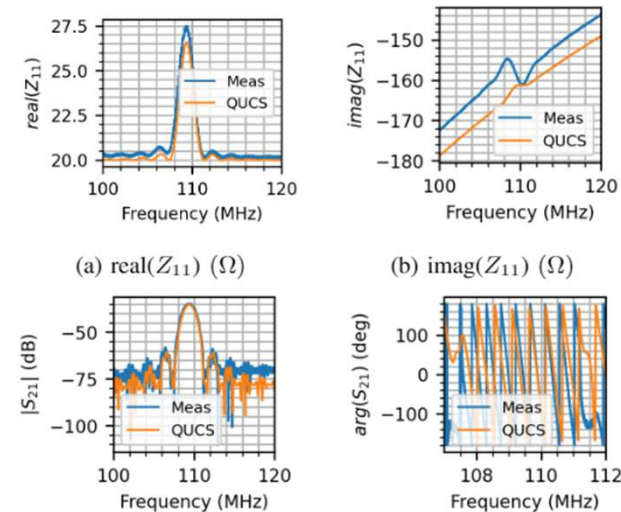


Circuit équivalent dans l'environnement Qucs

Equation analytique de dispersions + circuit électrique



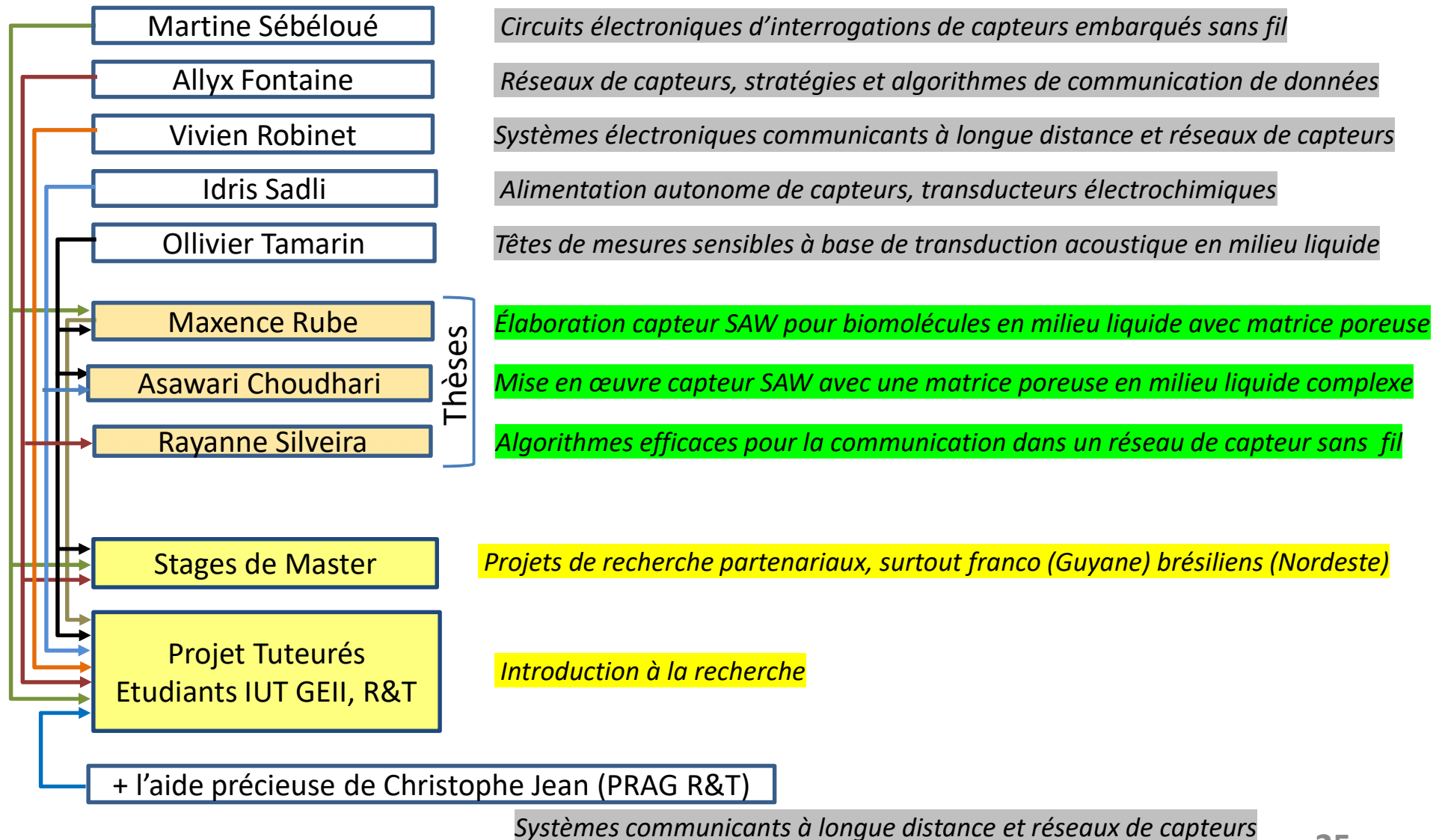
Très bons résultats en transmission et en réflexion dans les domaines fréquentiels



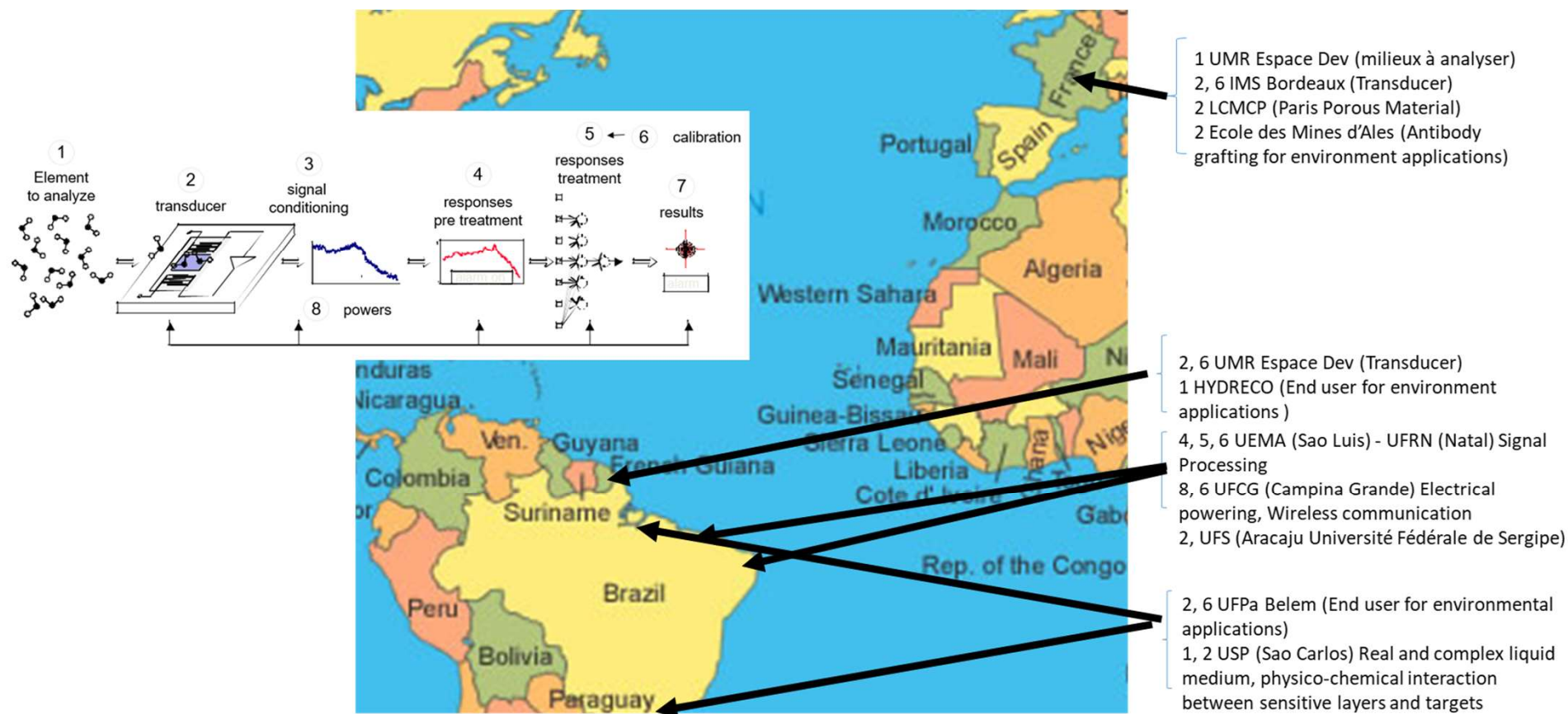
TRAVAUX A EFFECTUER EN 2022 - CARTEL

- Recrutement d'une post doc à Kourou pour expérimentation terrain (01/11/2021)
- Association finale de la couche sensible « MIP » et du transducteur à ondes de Love
- Expérimentation en laboratoire en eaux turbide pour la détection de toxine
- Expérimentation sur le terrain (laboratoire mobile) pour éprouver le capteur avec son instrumentation électronique et micro fluide, en milieu liquide complexe
- Expérimentation du système complet dans un drone marin (transmission sans fil)
- Première réalisation de la mise en réseau des capteurs

L'EQUIPE EN GUYANE



LES PARTENARIATS



Semaine Géomatique & Télédétection en Guyane

L'imagerie spatiale et les nouvelles technologies au service du Territoire

Projet CARTEL
**Nous vous remercions pour
votre attention**



Cayenne, le jeudi 21 octobre 2021