



**HAL**  
open science

## Amélioration de l'évaluation non destructive des systèmes couche- sur-substrat basée sur les ondes acoustiques de surface (SAW) à l'aide de techniques d'excitation avancées

Nikolay Smagin, Marc Duquennoy, Mohammadi Ouaftouh, Dame Fall, Zakariae Oumekloul, Nada Ben Jafela, Lynda Chehami, Meriem Chrifi Alaoui, Frédéric Jenot

### ► To cite this version:

Nikolay Smagin, Marc Duquennoy, Mohammadi Ouaftouh, Dame Fall, Zakariae Oumekloul, et al.. Amélioration de l'évaluation non destructive des systèmes couche- sur-substrat basée sur les ondes acoustiques de surface (SAW) à l'aide de techniques d'excitation avancées. Journées Acoustique & Instrumentation, JAI2023 : evolution et applications, Journées Thématiques de la section Electronique du Club EEA, Oct 2023, Cergy - Paris, France. hal-04254558

**HAL Id: hal-04254558**

**<https://hal.science/hal-04254558>**

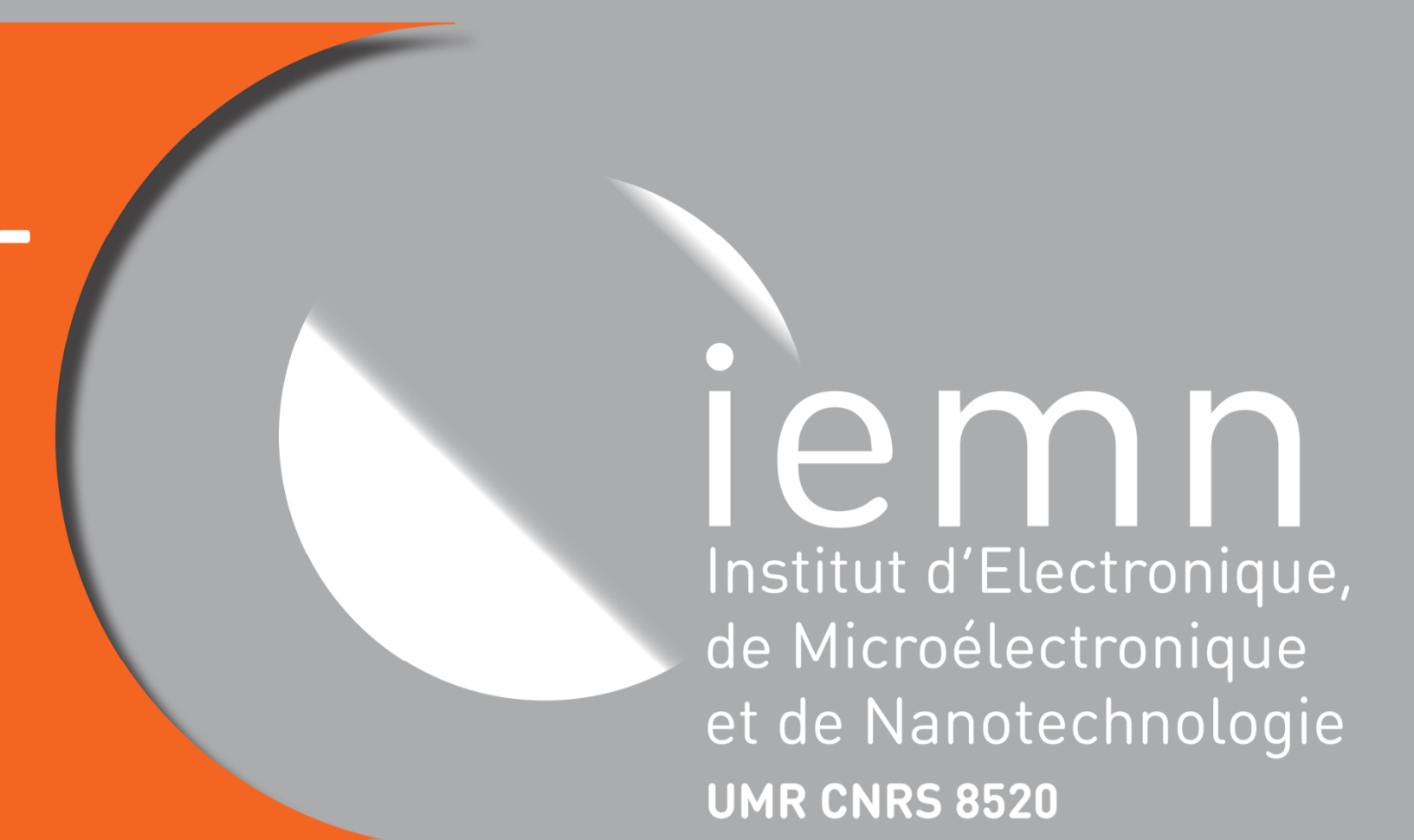
Submitted on 24 Oct 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Amélioration de l'évaluation non destructive des systèmes couche-sur-substrat basée sur les ondes acoustiques de surface (SAW) à l'aide de techniques d'excitation avancées

Journées Acoustique et Instrumentation, 12-13 oct. 2023 Neuville Sur Oise (France)

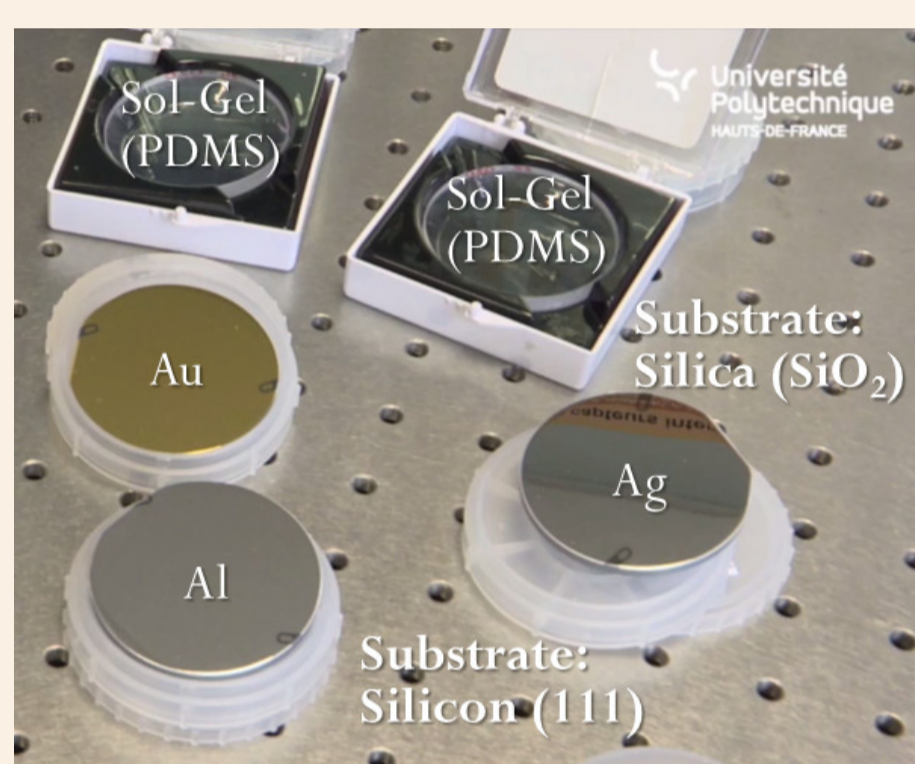


Noms\* : Nikolay Smagin, Marc Duquennoy, Mohammadi Ouaftouh, Dame Fall, Zakariae Oumekloul  
Nada Ben Jafela, Lynda Chehami, Meriem Chrifi Alaoui, Frédéric Jenot

\*IEMN (Institut d'électronique de microélectronique et de nanotechnologie), UMR CNRS 8520, Univ. Polytechnique Hauts-de-France, CNRS, Univ. Lille, 59313, Valenciennes, France

## Contexte

- Evaluation mécanique non destructive (END) des structures couche sur substrat (LOS) consiste à déterminer leurs propriétés tels que épaisseur, constantes élastiques, adhérence, contraintes résiduelles, etc.



Exemples de LOS étudiés

- Les ondes acoustiques de surface (SAW) permettent l'END des LOS grâce au phénomène de dispersion des SAW.
- Les transducteurs interdigités chirpés (IDT) utilisés comme émetteurs SAW présentent un avantage :

- des données denses sur la variation de la vitesse
- large gamme de fréquences
- une seule mesure.

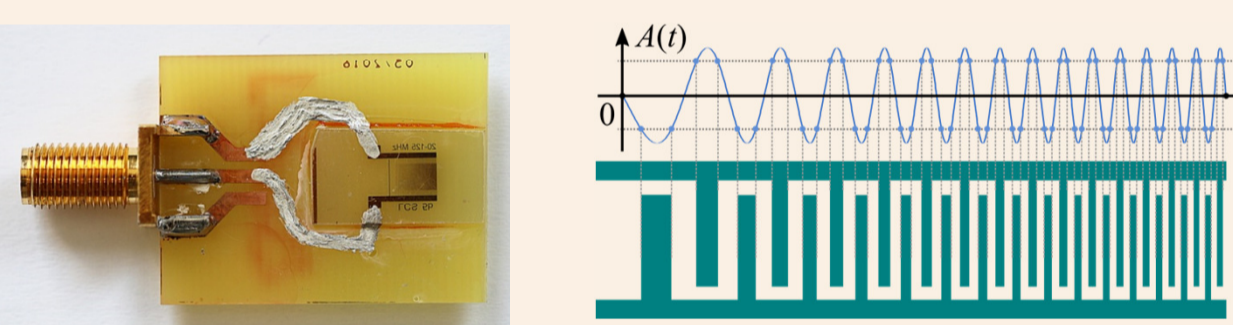


Photo et principe d'un IDT chirpé [1]

## Objectif du projet

- élaborer des signaux d'excitation optimaux pour les IDTs chirpés
- développer une stratégie d'application pour des LOS de type spécifique

## Avantages de l'IDT

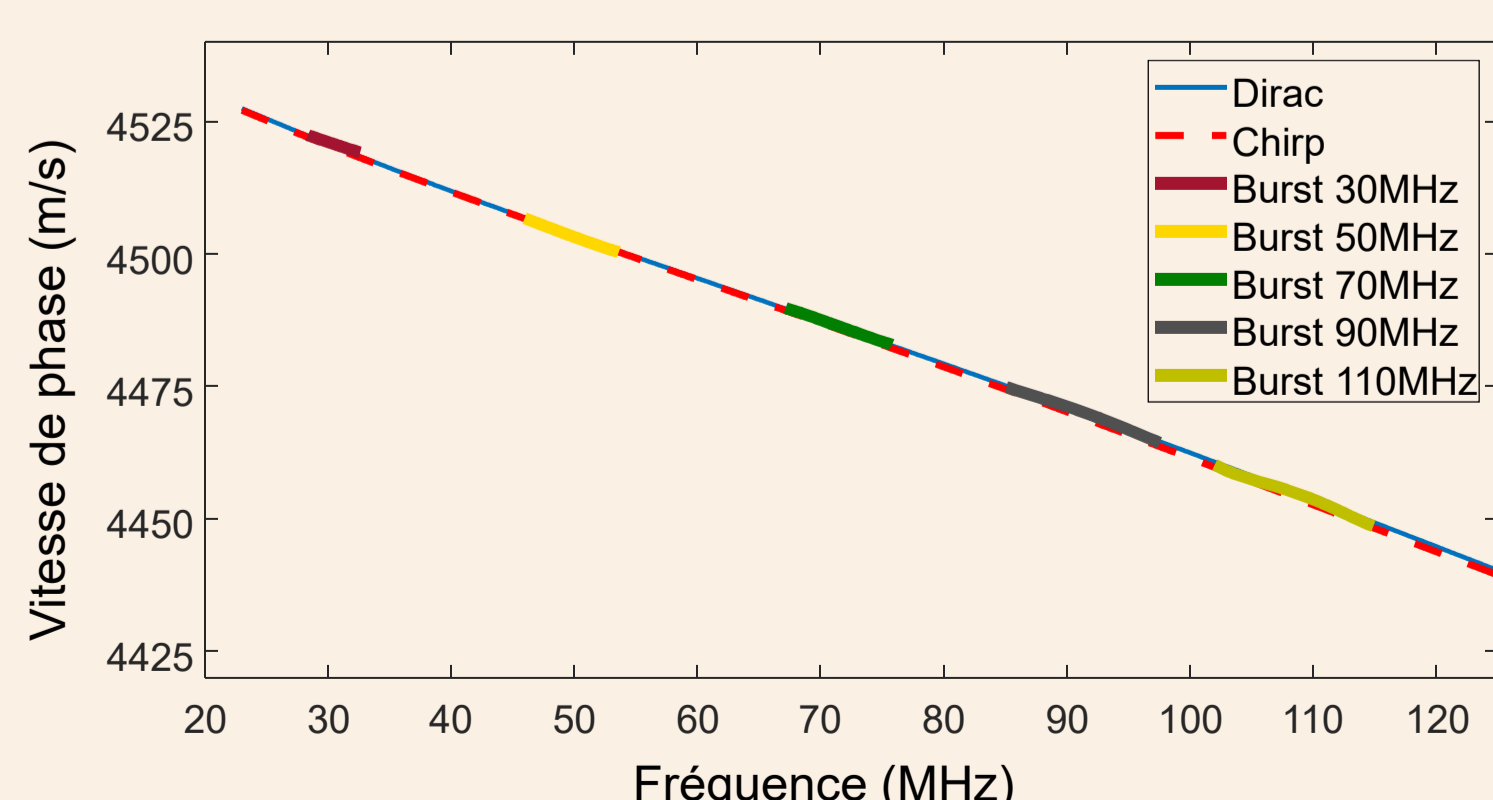
- Génération de SAW à large bande facilement contrôlable
- Convient à tous les types de LDV

## Inconvénients de l'IDT

- L'amplitude du SAW (~0,2 nm) obtenue avec une excitation par impulsion de Dirac est trop faible pour les LOS à forte atténuation.
- Contact acoustique

## Solution appliquée actuellement

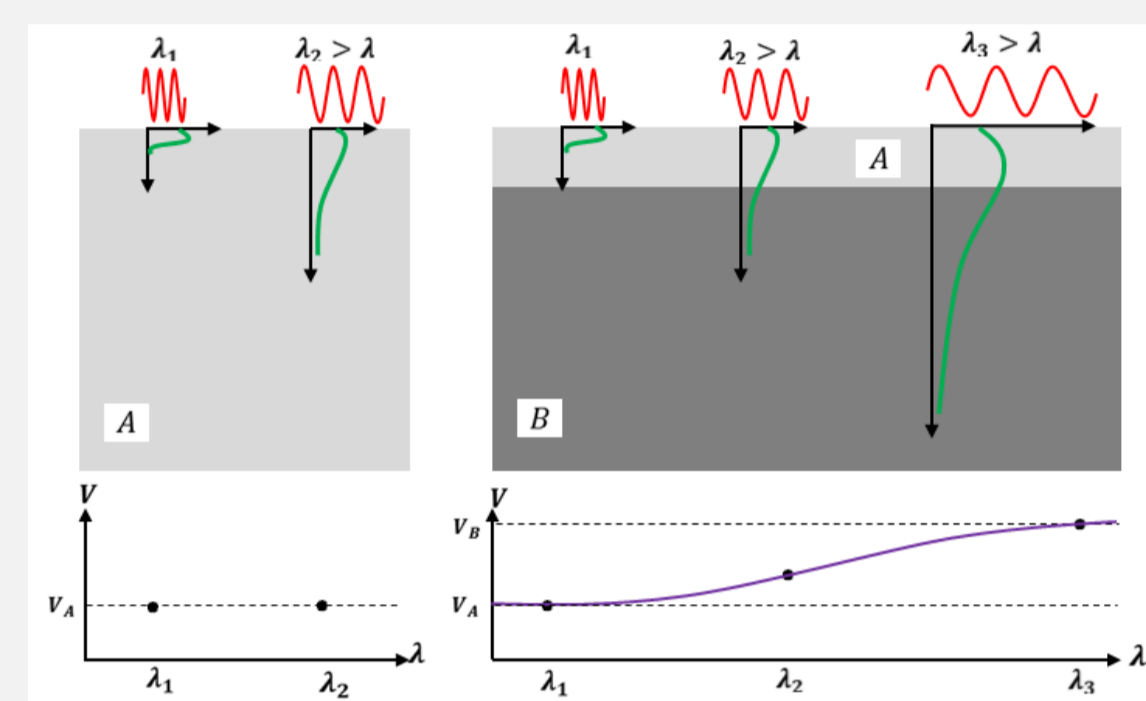
- Mesure avec une série d'IDT mono-fréquence



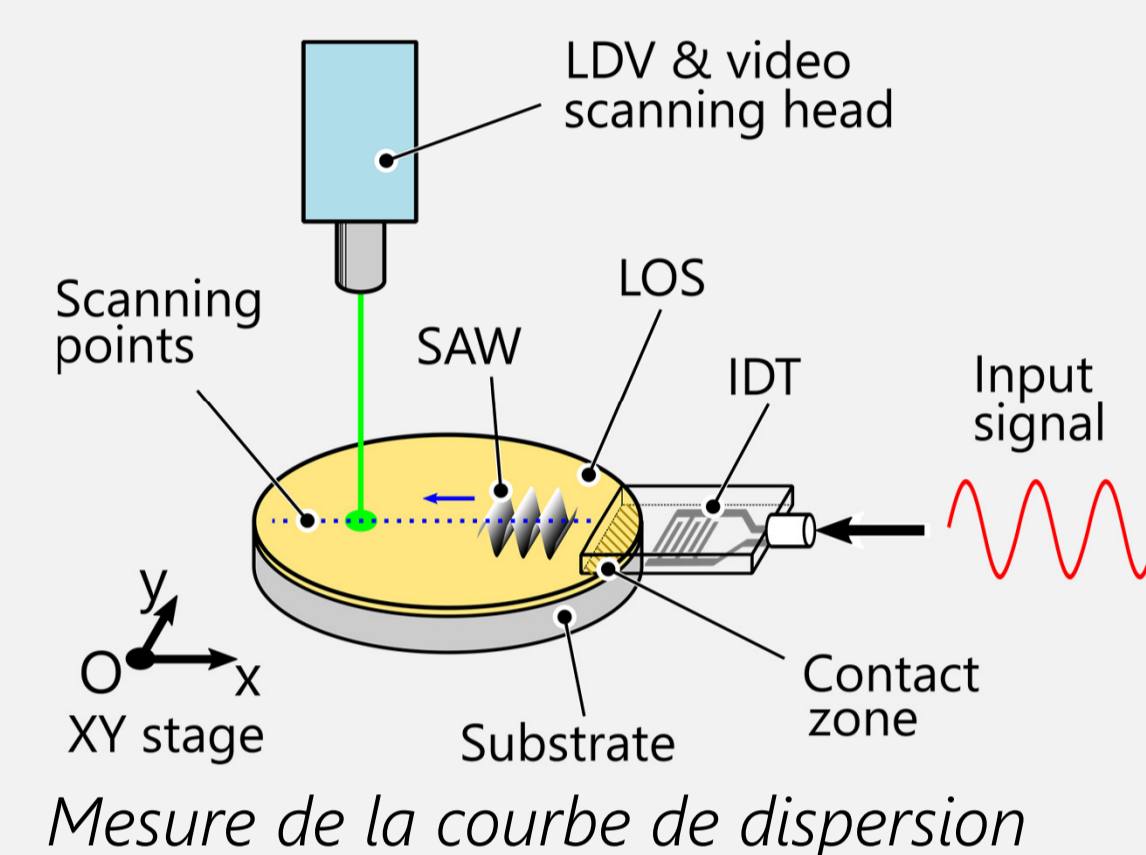
Données de dispersion obtenues pour un échantillon de PDMS avec une série de mesures mono-fréquence [2].

## Méthodes et procédures

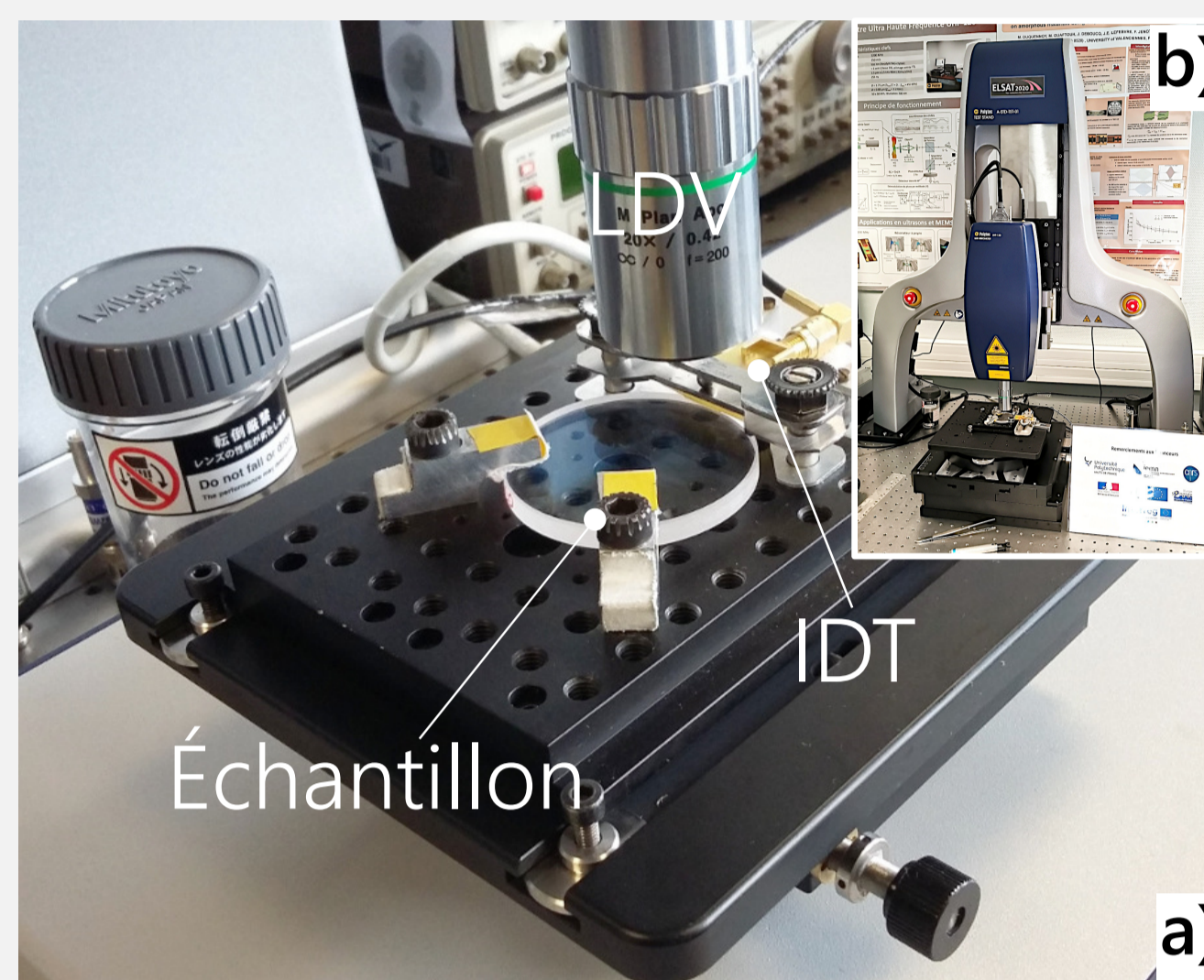
### Mesure des courbes de dispersion avec la vibrométrie laser Doppler (LDV)



Dispersion du SAW de Rayleigh



Mesure de la courbe de dispersion



Photos d'un échantillon de PDMS monté sur la platine de balayage d'un LDV (a), et vue générale de l'installation LDV (b)

$$V_r(f) = F(E_f, v_f, \rho_f, E_s, v_s, \rho_s, t_f)$$

Équation de dispersion [3]

## Plateforme WaveSurf

**Tête laser Polytec UHF-120**  
Vibromètre et microscope  
Grossissements  $\times 20$  et  $\times 100$

**Oscilloscope**  
Tektronix DPO 71254C  
4 canaux 12,5 GHz, 100 Gs/s

**Acquisition du signal**  
Depuis la photodiode (avec un oscilloscope)  
LeCroy 725Zi-A : 2,5 GHz, 40 Gs/s  
Démodulation numérique IQ sur PC

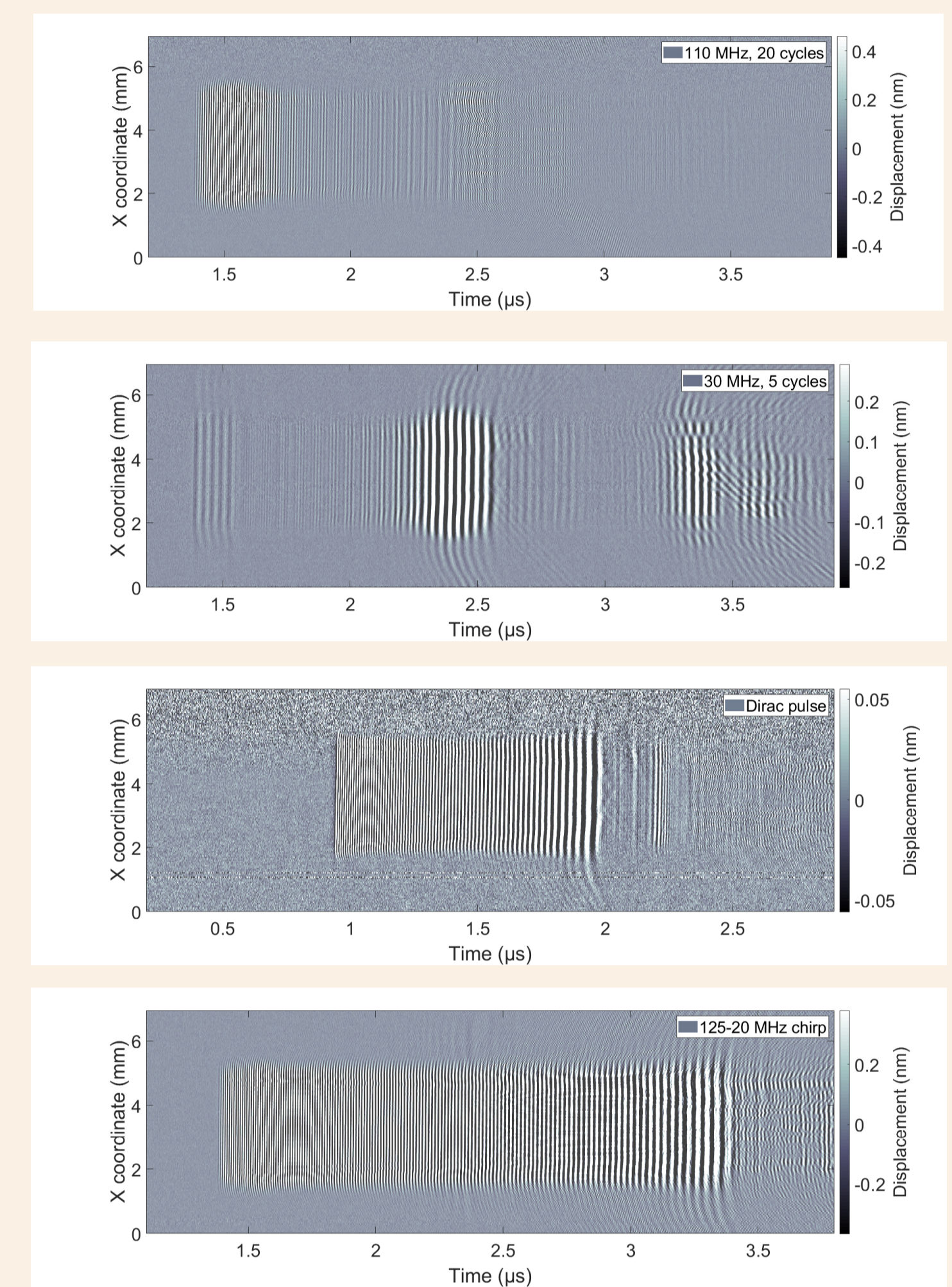
**Générateur de forme d'onde arbitraire**  
Tektronix AWG 70002A  
2 canaux (+2 inv.) 2 GHz, 16 Gs/s ;  
10 bits de résolution verticale

**Table de balayage motorisée**  
200 x 200 mm, résolution 500 nm

**Amplificateur de puissance**  
Amplifier Research 50W1000A  
DC - 1 GHz ; 50 Watts

## Données et résultats

Propagation SAW sur substrat IDT ( $\text{LiNbO}_3$ ) pour différents types d'excitation : chirp, Dirac pulse et burst



## Données et résultats

- Plateforme WaveSurf exploite les mesures optiques de l'amplitude du déplacement SAW, en utilisant des transducteurs interdigités de contact (IDT) pour générer des émissions acoustiques dans la gamme de fréquences de 1 à 300 MHz.

- Cela rend possible l'évaluation de revêtements d'une épaisseur comprise entre 1 nm et 5 nm.

- Le rapport signal/bruit de la mesure peut être amélioré en adaptant le type d'excitation de l'IDT de contact au revêtement spécifique.

## Références

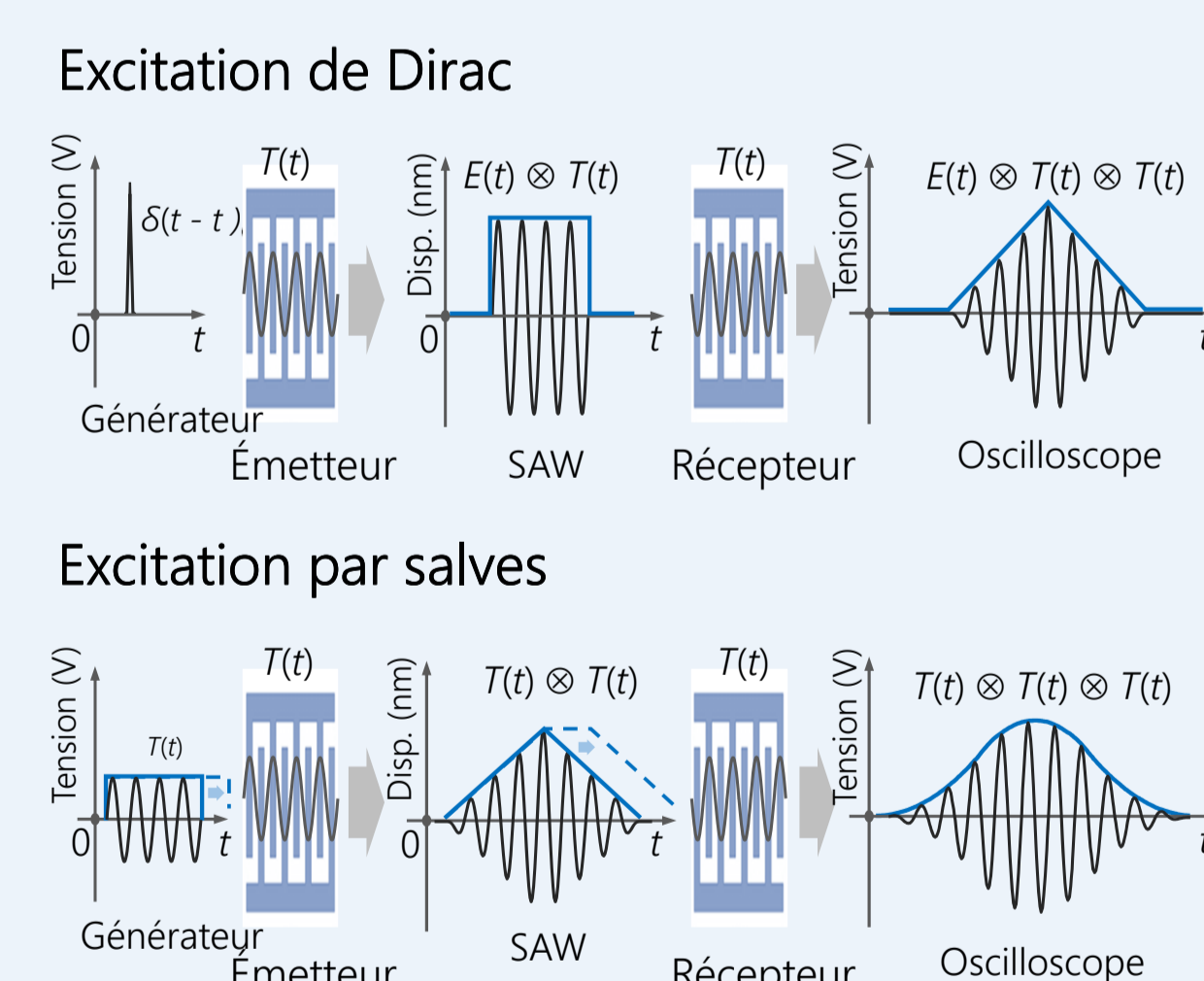
Les auteurs tiennent à remercier le Conseil régional des Hauts-de-France et l'Union européenne (fonds FEDER) pour leur soutien dans le cadre du CPER (RITMEA). Ce travail a également été soutenu par le réseau français RENATECH

## Références

- [1] Fall, D. et al. J. Acoust. Soc. Am. 142, 108-112 (2017) ; doi: 10.1016/j.ultras.2016.02.006
- [2] Fall, D. et al. Ultrasonics. 68, 102-107 (2016) ; doi : 10.1121/1.4994676
- [3] Viktorov, I. A. Rayleigh and Lamb Waves (Springer US, 19670)
- [4] Fall, D. et al. Review of Scientific Instruments. 89 (2018) 124901. doi : 10.1063/1.5045213.

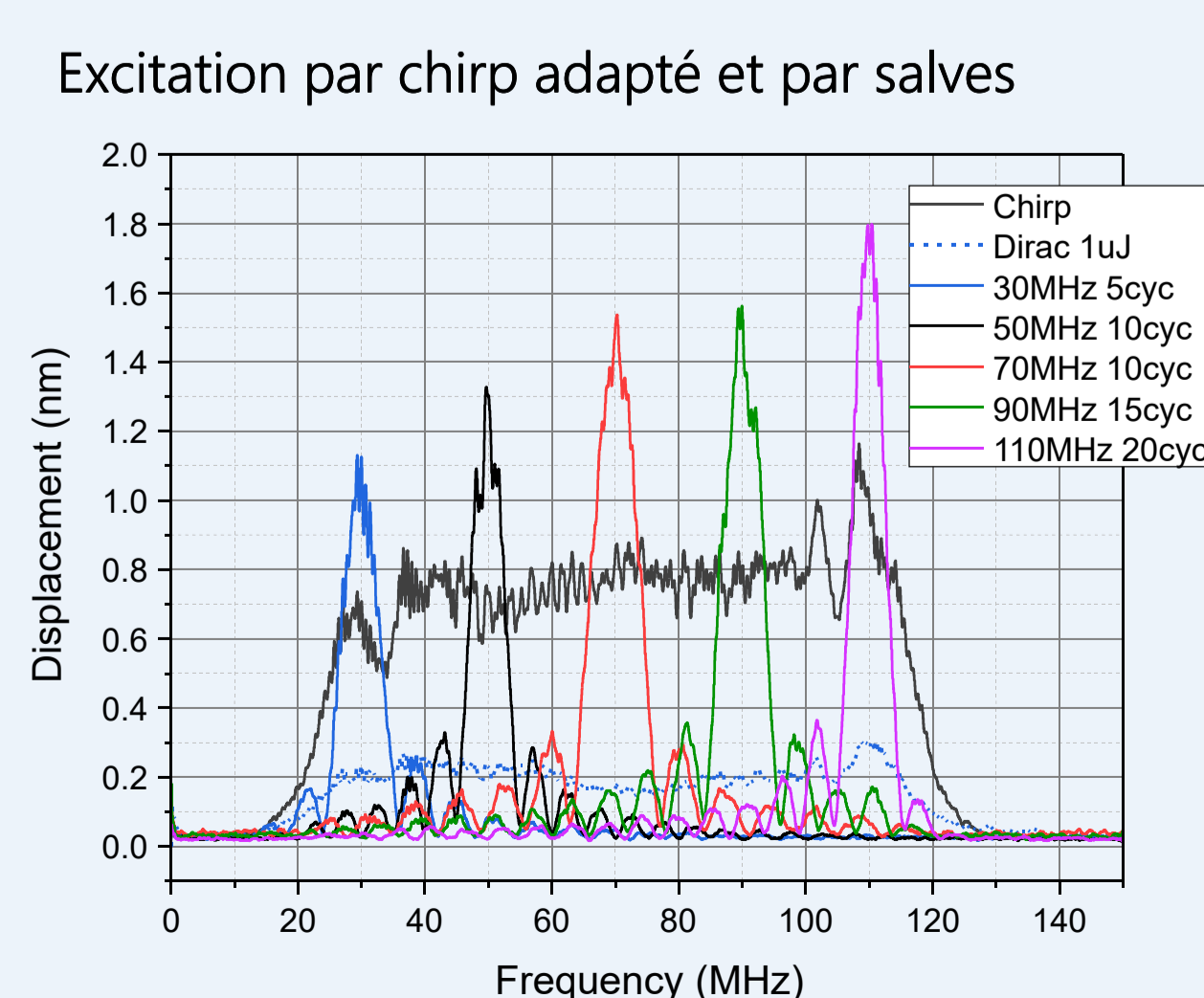
## Données et résultats

### Réponse impulsionnelle d'un IDT

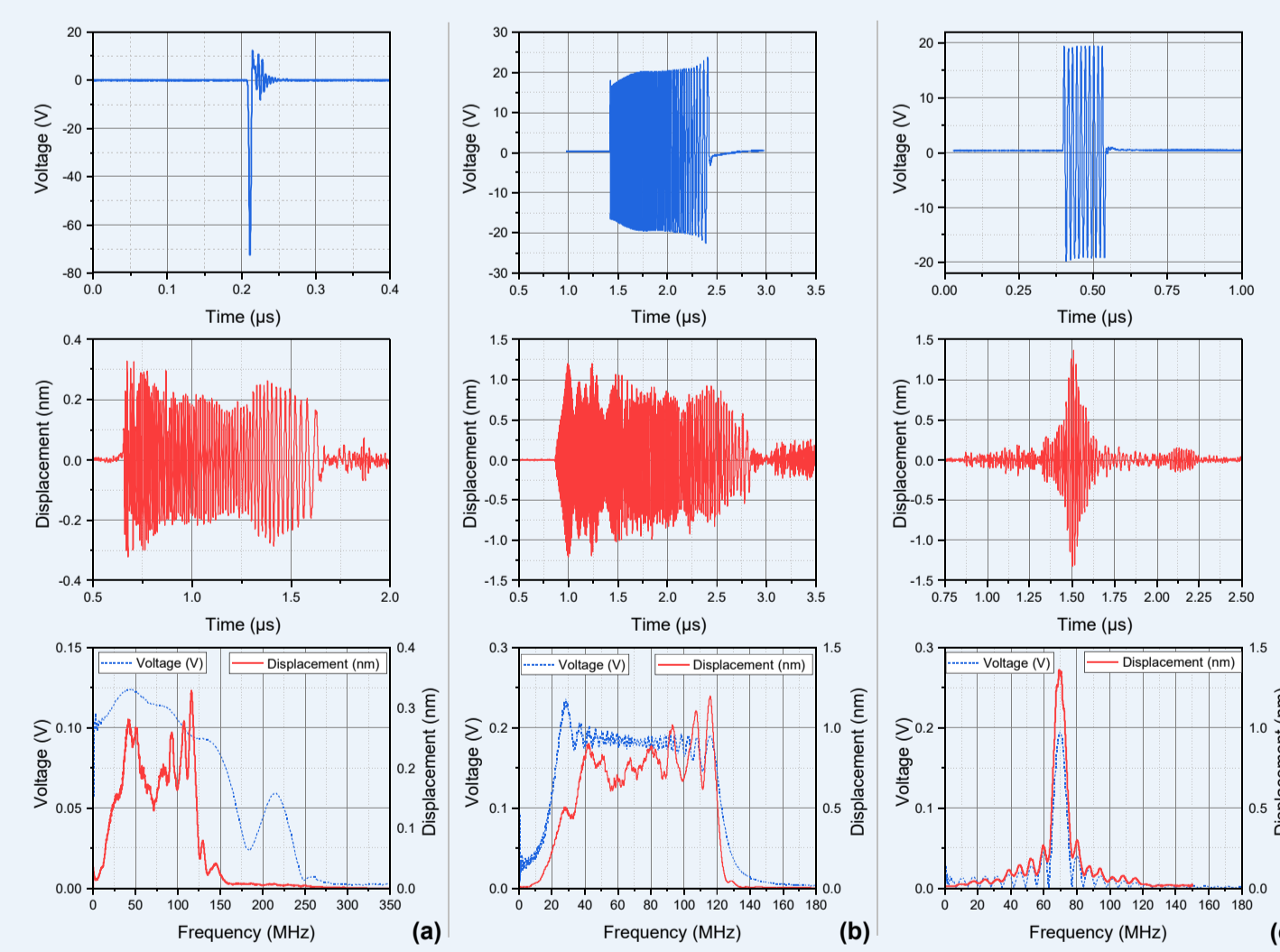


Le SAW émis est une convolution de l'excitation et de la réponse impulsionnelle de l'IDT.

### Spectres d'émission d'un IDT chirpé



### Propriétés des différentes excitations



Différents signaux d'excitation, leurs spectres et les réponses IDT correspondantes [4]

### Excitation par chirp inversé dans le temps

Ce type d'excitation est utilisé dans le cadre du projet ANR JCJC 'DACLOS'

