

Présentation pour obtenir

L'Habilitation à Diriger des Recherches

Cornel IOANA, 28 Novembre 2012



UNIVERSITÉ DE
GRENOBLE



gipsa-lab

Grenoble | images | parole | signal | automatique | laboratoire

Caractérisation des signaux non-stationnaires à composantes temps-fréquence non-linéaires

PLAN DE LA PRESENTATION

1. Curriculum Vitae

2. Activités d'enseignement et collectives

3. La recherche

4. Conclusions et Perspectives



1. Curriculum vitae

- Né en 1974 en Roumanie

- 1999 – Ingénieur en Electronique de l'Académie Technique Militaire de Bucarest

- 1999-2000 – Chercheur METRA, Roumanie

- 2000-2001 – DEA « Science et Technologie de Télécommunications » Université de Bretagne Occidentale, Brest

- 2001-2003 – Doctorat à l'Université de Bretagne Occidentale, Brest
Contribution à la caractérisation des structures temps-fréquence non-linéaires, ENSTA-Bretagne (ex-ENSIETA)

- 2003-2006 – Ingénieur de Recherche ENSIETA

- 2006 – Maître de conférences Grenoble INP/ENSE3 – GIPSA-lab



Caractérisation des signaux non-stationnaires à composantes temps-fréquence non-linéaires

PLAN DE LA PRESENTATION

1. Curriculum Vitae

2. Activités d'enseignement et collectives

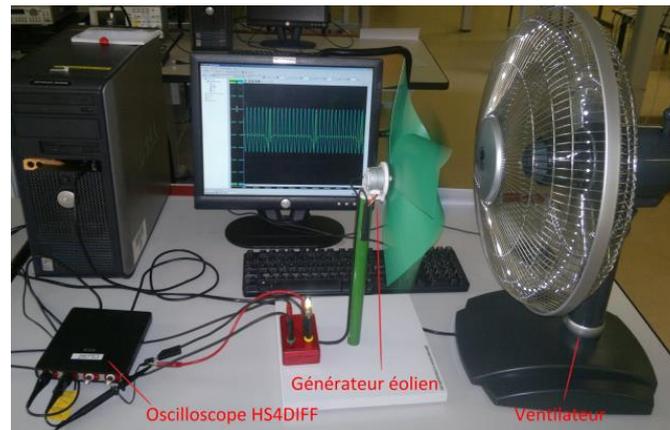
3. La recherche

4. Conclusions et Perspectives



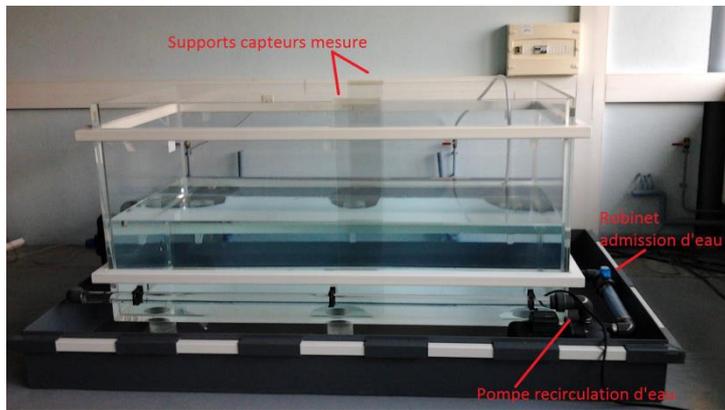
2. Activités d'enseignement

- **Traitement du signal de base et des enseignements plus spécialisés**
– *environ 240 éq TD/an*
 - **Traitement du signal pour Energie et Environnement** – *niveau ENSI 1A*
 - **TP Traitement du Signal de Base** – *niveau ENSI 2A*, responsable du module
 - **Temps-fréquence/Temps-échelle** – *niveau ENSI 3A et Master II*
 - **Compression Vidéo** – *niveau ENSI 3A et Master II*
- **Formation continue** – **Compression et Traitement du signal avancé (EDF)** et **Enseignement à l'Étranger** (Université Politehnica Bucarest, Univ de Monténégro)
- Implication dans la réalisation des maquettes expérimentales et ouvrages pédagogiques



2. Et collectives

- **Responsable pédagogique** de la plate-forme Enseignement & Recherche « Image et Signal pour Energie et Environnement » - ISEE
 - *Objectif principal : lien enseignement - recherche*



- **Correspondant relations entreprise filière SICOM** – en charge des PFE
- **Membre Conseil d'Administration** – ENSIEG (2007-2008), ENSE3 (10/2012)
- **Organisation événements scientifiques** – Workshops en 2007, 2008, 2010
 - Sessions spéciales ICASSP 2010 et ASILOMAR 2010

Caractérisation des signaux non-stationnaires à composantes temps-fréquence non-linéaires

PLAN DE LA PRESENTATION

1. Curriculum Vitae

2. Activités d'enseignement et collectives

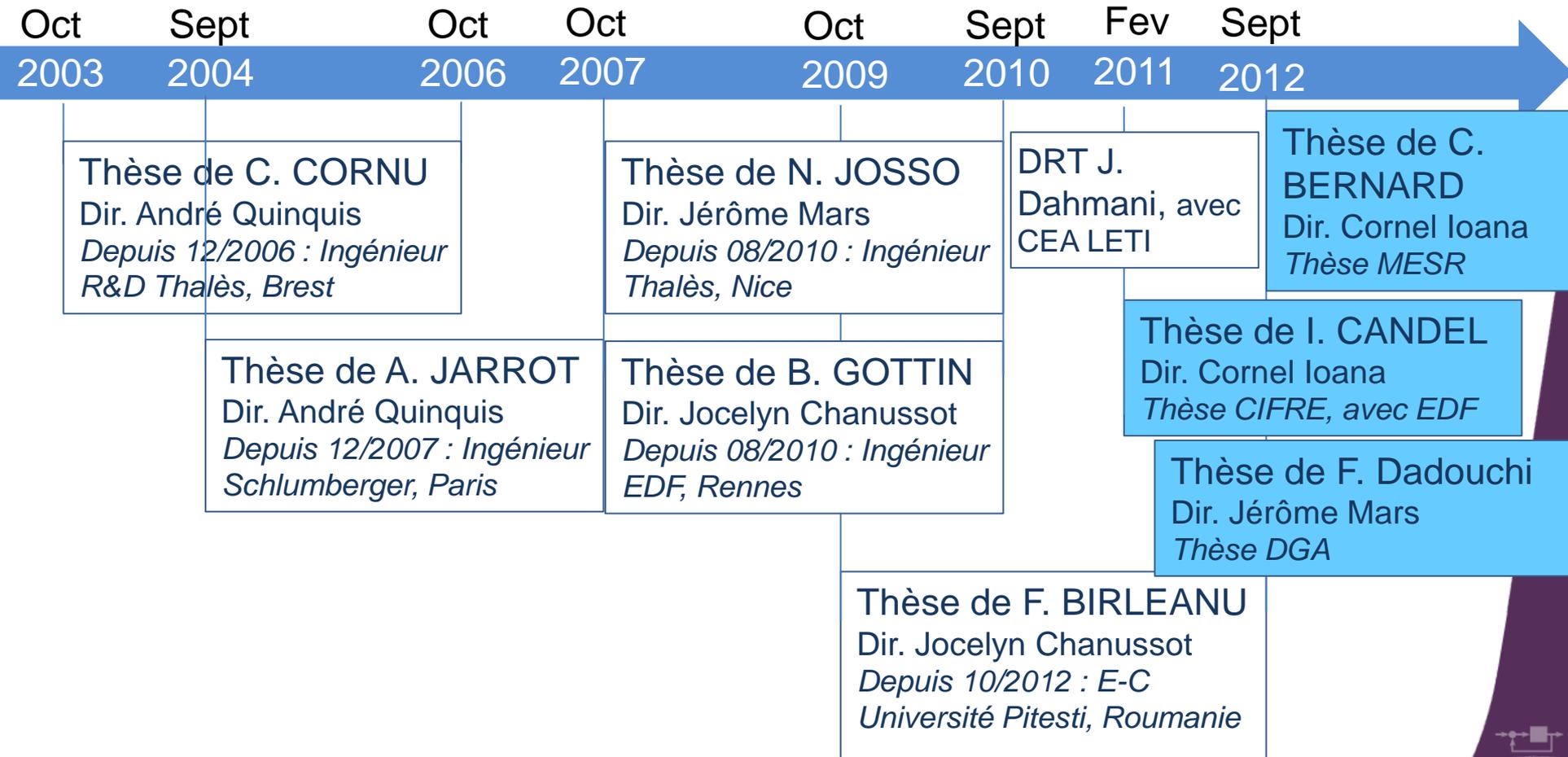
3. La recherche

4. Conclusions et Perspectives



3. Recherche – vision d'ensemble

ENCADREMENT



Encadrement de plus de 20 stages 2A, PFE et Master + Ingénieurs d'études



3. Recherche – vision d'ensemble

COLLABORATIONS ACADEMIQUES

➤ Université de Monténégro

- Depuis 2004, Financement par des dispositifs types PAI
- Publications communes (17) sur l'analyse temps-fréquence

➤ Arizona State University, SenSip Research Center

- Séjours scientifiques de C. Ioana et N. Josso
- Publications communes (8) en acoustique sous-marine

➤ Villanova University, Center of Advanced Communications

- Séjours scientifiques de C. Ioana et I. Candel
- Publications communes (7) en TS dans le domaine radar et ultrason

➤ Académie Technique Militaire de Bucarest

- Echanges d'étudiants - ERASMUS
- Publications communes (8) dans le domaine des transitoires



3. Recherche – vision d'ensemble

VALORISATION

➤ Plus de 20 Papiers revue, plus de 60 Articles conférences, 32 Rapports de recherche/contrats

➤ Participation à la création de la société CYBERIO

- **Objet** : Industrialisation des méthodes d'analyse de signaux non-stationnaires

➤ Contrats de recherche

- En acoustique sous-marine STEREO (2004-2007) et MODE II (2007-2011)

- Pôles de compétitivité



- EDF – Analyse des transitoires électriques, Techniques acoustiques de mesure des paramètres physiques

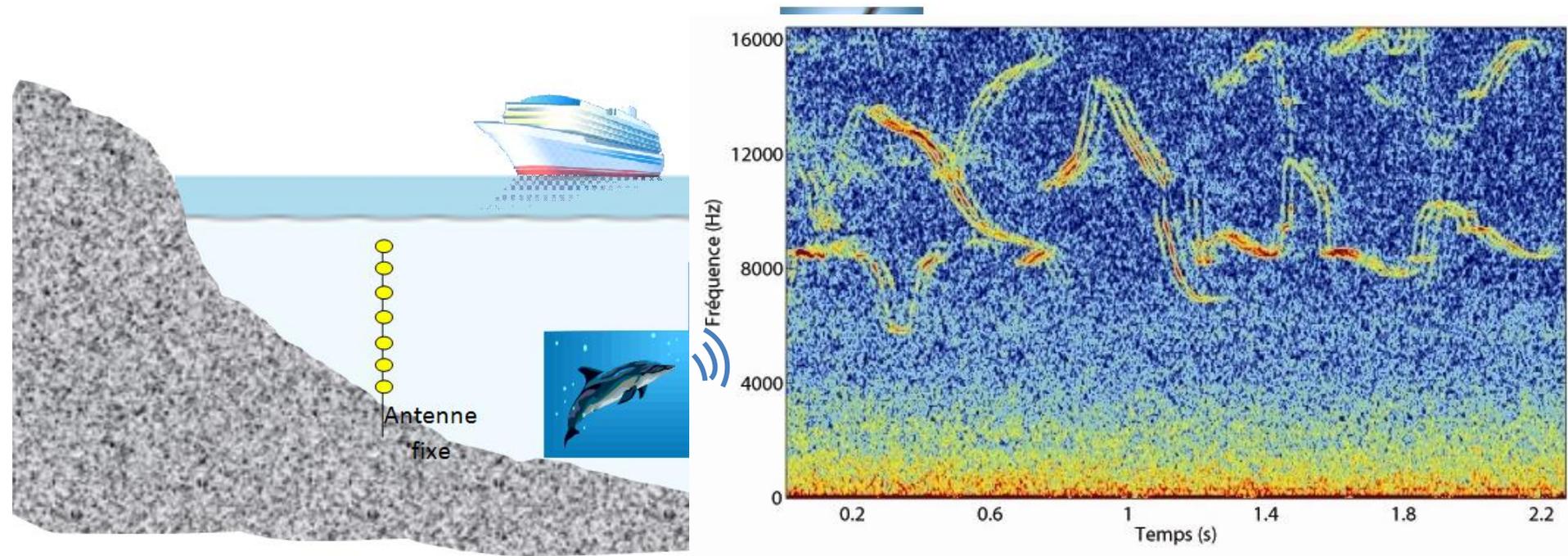


➤ Brevet « Système d'inspection par E-R acoustiques »



3. Recherche – Contextes applicatifs

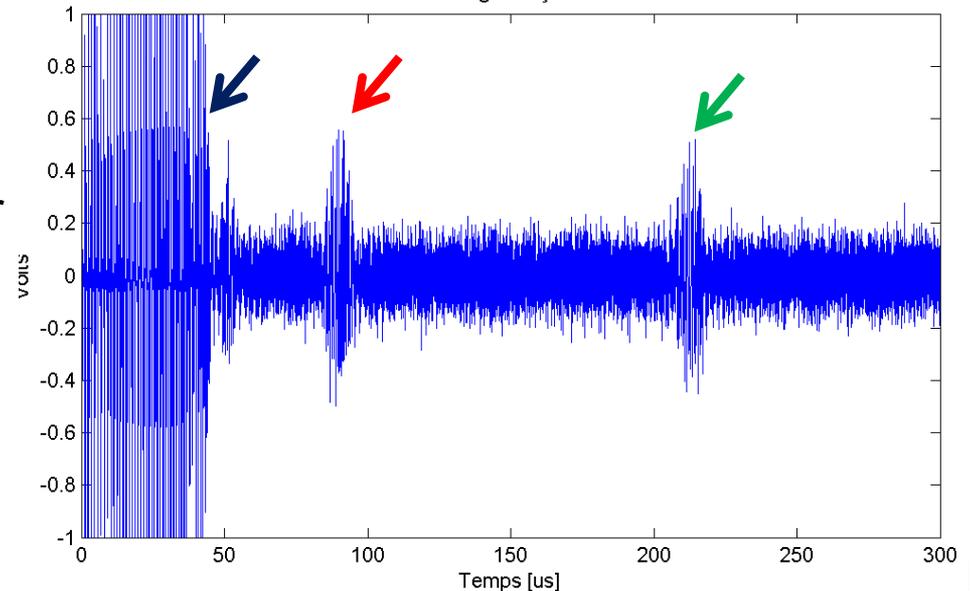
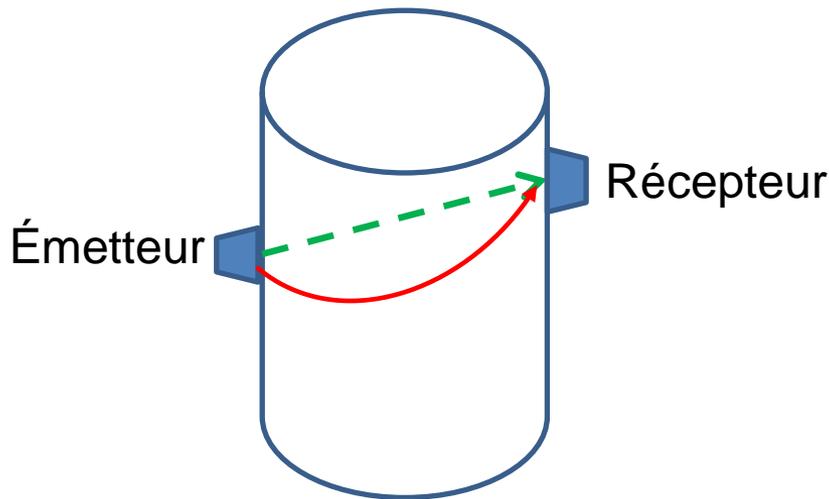
- Observation des environnements naturels (enjeux actuels importants actuellement pour la protection) – *typique pour un système TS passif*



Objectifs en termes d'analyse des signaux – caractérisation des structures T-F non-linéaires et différentes, très grand volume de données à traiter (pour un monitoring continu), perturbations,...

3. Recherche – Contextes applicatifs

- Analyse des phénomènes physiques de caractéristiques inconnues – *typique pour un système incertain*



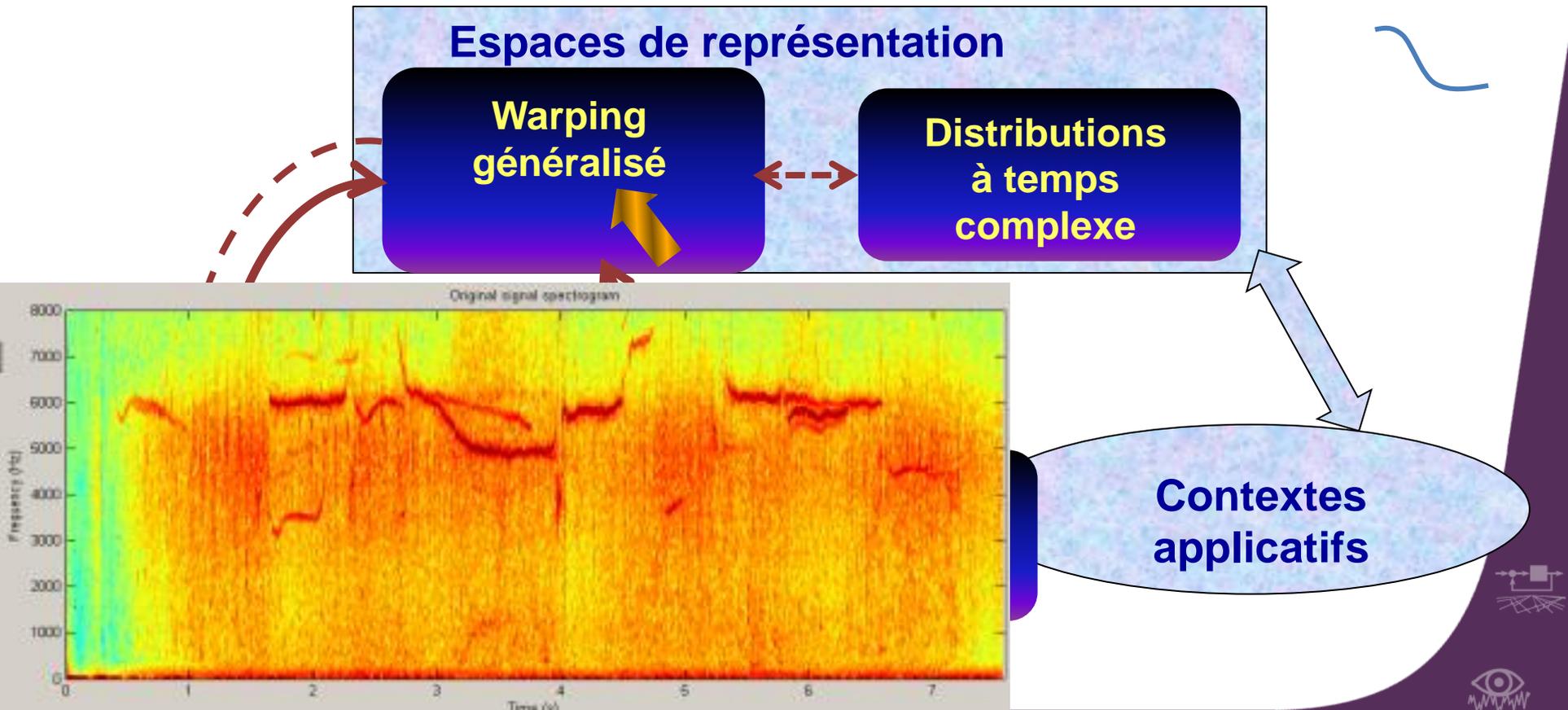
Objectif en termes d'analyse des signaux – estimer les paramètres des signaux (temps d'arrivée, déformations) afin d'arriver aux paramètres physiques - localisation , débit



3. Recherche – Positionnement

De la théorie vers les applications !

Caractérisation des signaux non-stationnaires à composantes T-F généralement non-linéaires et inconnues – *point commun* !

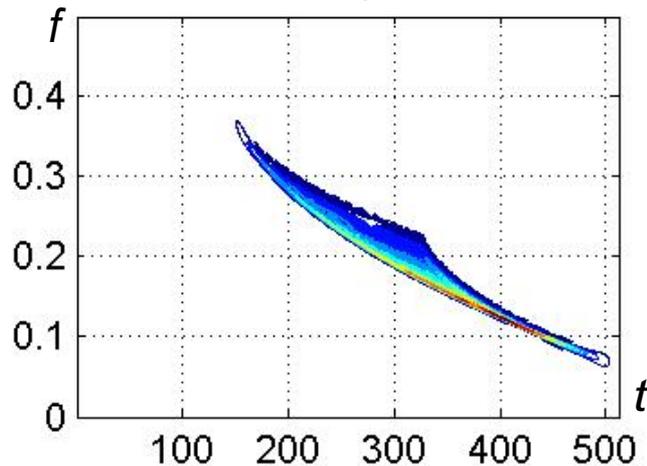


3. Recherche – WARPING GENERALISE

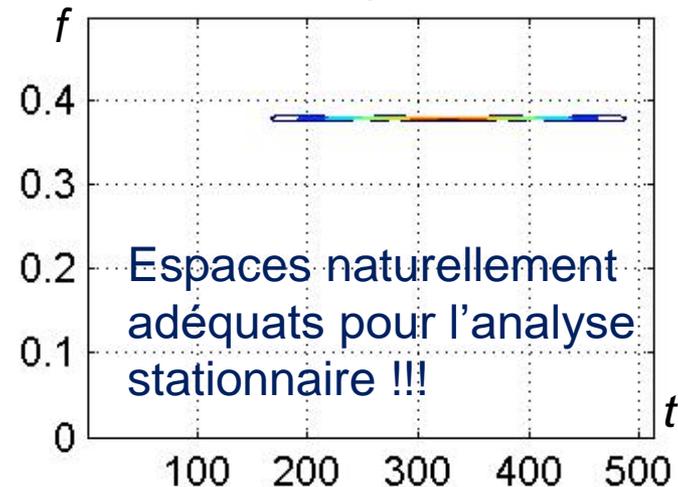
- Problématique - déformation de l'axe de temps/fréquence afin de linéariser les structures

$$s(t) = Ae^{jc\phi(t)} \quad \longrightarrow \quad \{\mathbf{W} | \mathbf{W}s(t) = s(w(t))\} \quad \longrightarrow \quad \mathbf{W}s(t) = Ae^{ct}$$
$$w(t) = \phi^{-1}(t)$$

Distribution de Wigner-Ville de $s(t)$



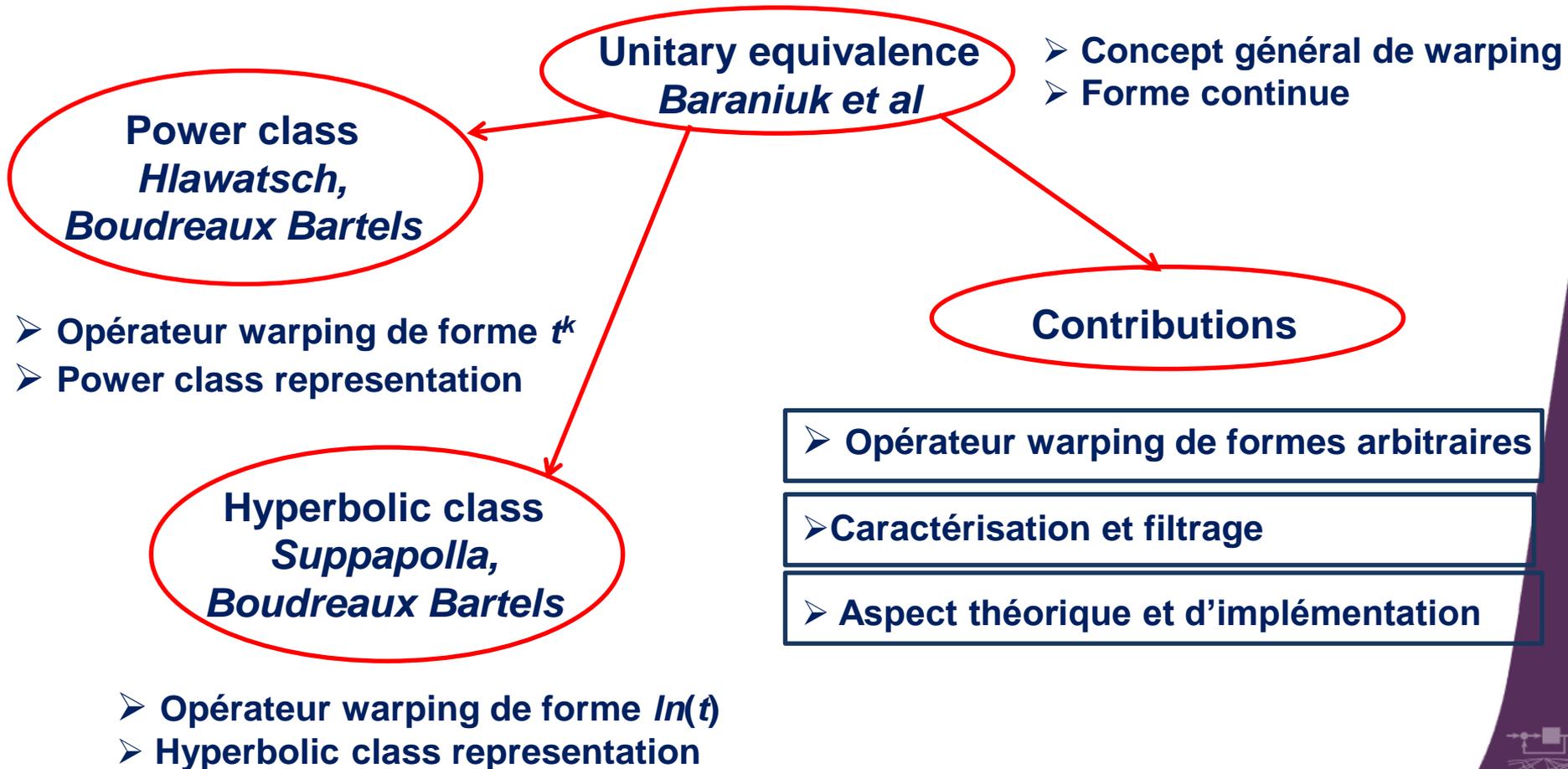
Distribution de Wigner-Ville de $\mathbf{W}s(t)$



Difficultés : Définition analytique de la fonction + existence de l'inverse ;
Problème d'échantillonnage irrégulier

3. Recherche – WARPING GENERALISE

- Contributions

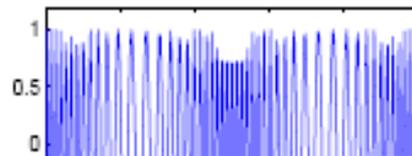
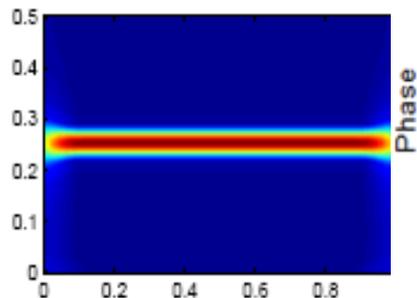
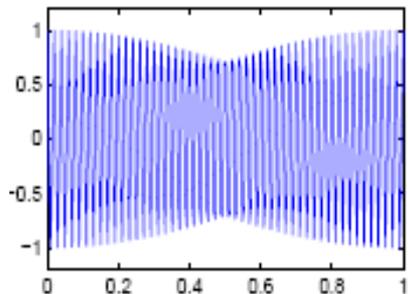


Thèse d'Arnaud Jarrot (2004-2007), 1 papier journal, 8 papiers conférence

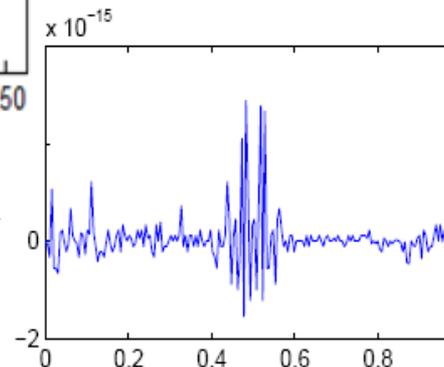
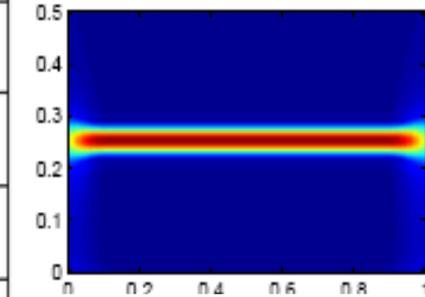
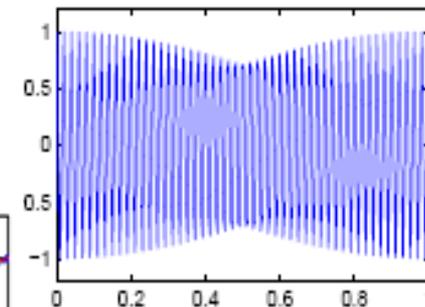
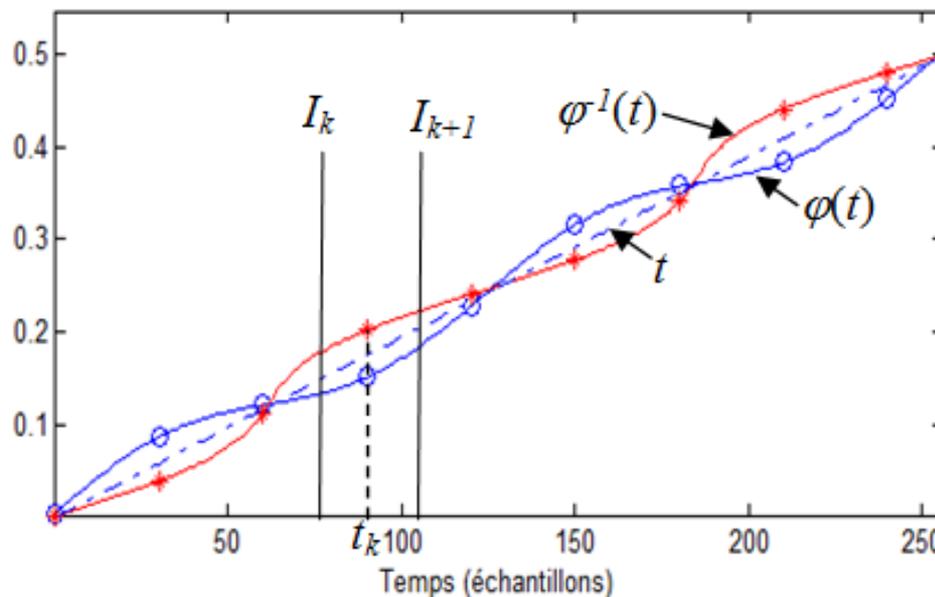


3. Recherche – WARPING GENERALISE

Aspects d'implémentation



a. Fonction de phase et son inverse "numérique"



$$\varphi(w(t_k)) = w(\varphi(t_k)) = t_k; k = 1, \dots, L$$

reconstruction

α

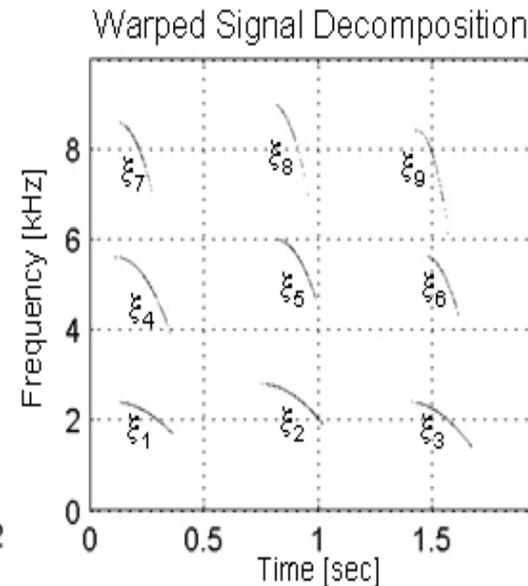
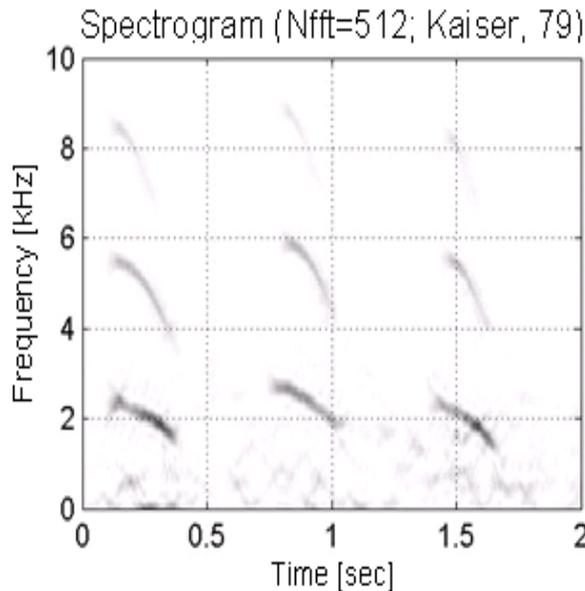
•

iri



3. Recherche – WARPING GENERALISE

- Filtrage et caractérisation



Parameters of T-F components estimated by WSD

ξ	t_{0k} [sec]	f_{0k} [kHz]	D_k [sec]	$\beta_k F_s$	$m(t)$
ξ_1	0.25	2.3	0.27	$-9.3 \cdot 10^{-7}$	t^{19}
ξ_2	0.89	2.37	0.28	-10^{-6}	t^{19}
ξ_3	1.58	2.25	0.28	$-2.12 \cdot 10^{-6}$	t^{18}
ξ_4	0.24	4.69	0.26	$-8 \cdot 10^{-7}$	t^{21}
ξ_5	0.91	5.21	0.21	$-6.6 \cdot 10^{-7}$	t^{22}
ξ_6	1.54	4.91	0.17	$-1.61 \cdot 10^{-6}$	t^{21}
ξ_7	0.2	7.66	0.18	$-1.75 \cdot 10^{-6}$	t^{21}
ξ_8	0.87	8.11	0.16	$-3.71 \cdot 10^{-6}$	t^2
ξ_9	1.52	7.73	0.13	$-2.05 \cdot 10^{-6}$	t^{22}

$$\xi_k(t) = f_{0k} + \beta_k m(t); m(t) = t^\alpha$$

$$t \in [t_{0k}, t_{0k} + D_k]; w(t) = m^{-1}(t)$$

- Perspectives :** - utilisation du warping pour la représentation parcimonieuse

- construire les lois de déformation à l'aide de la **physique** – *motion diversity*

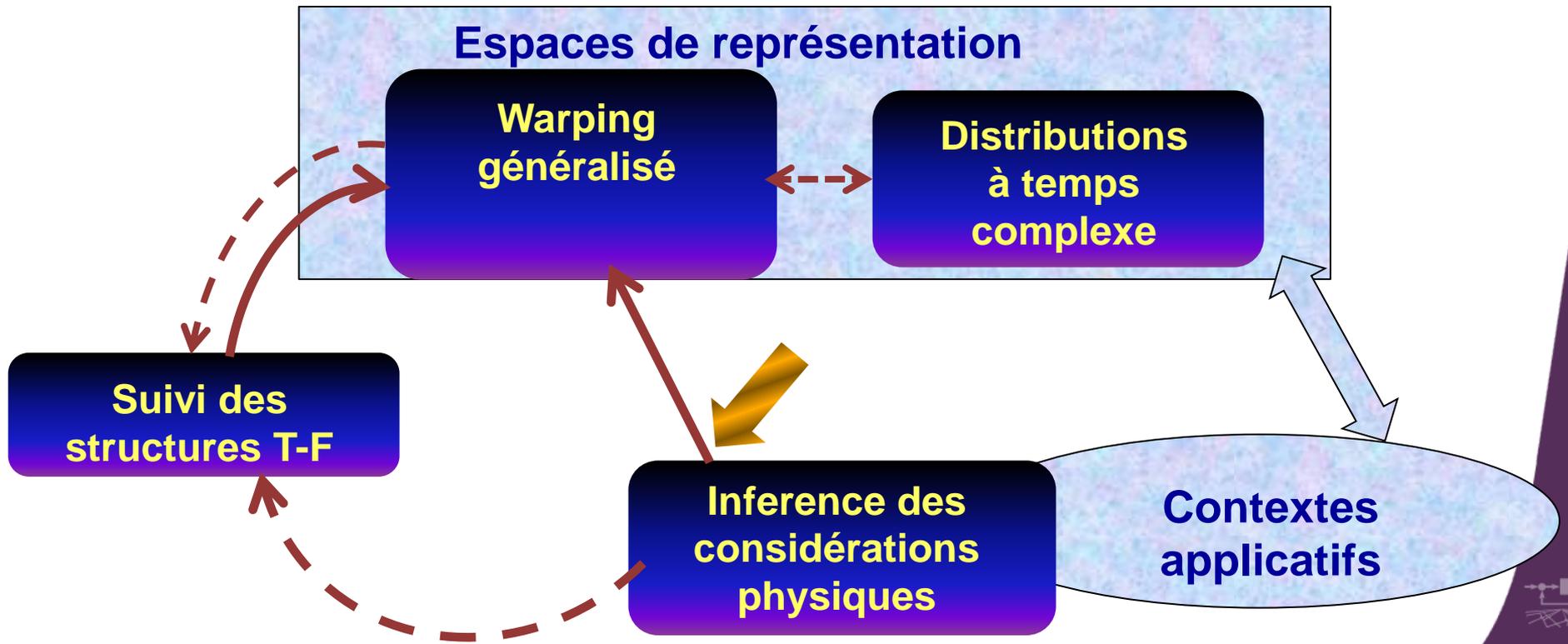
concept



3. Recherche – Positionnement

De la théorie vers les applications !

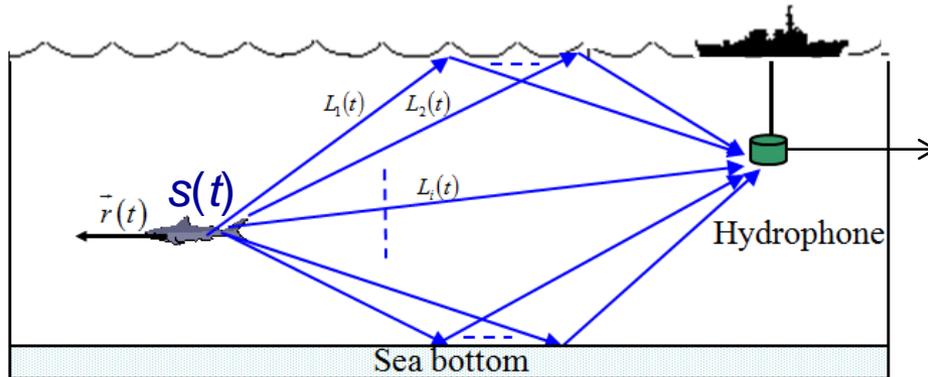
Caractérisation des signaux non-stationnaires à composantes T-F généralement non-linéaires et inconnues – *point commun* !



3. Recherche – WARPING défini par modèle Physique

- **Problématique** – concevoir les opérateurs warping inspirés par le modèle

- Contexte : *Représentation parcimonieuse des canaux dynamiques* (pb général)

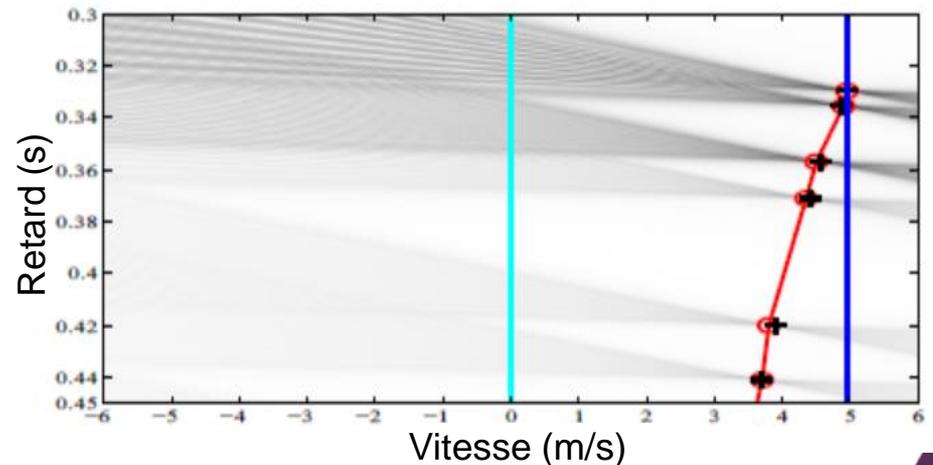


$$x(t) = \sum_{i=1}^N x_i(t) + b(t)$$

$$x_i(t) = a_i \eta_i^{1/2} s((t - \tau_i) \cdot \eta_i)$$

$$\eta_i = \frac{1}{1 - \|\vec{v}\| \cos \theta_i / c}$$

Effet Doppler dépendant du trajet de propagation; déformation de la loi de phase

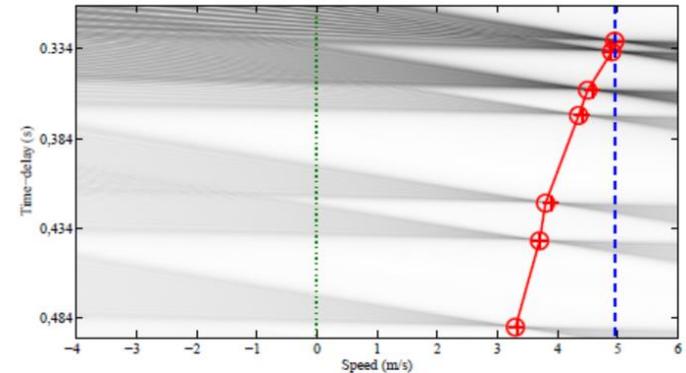
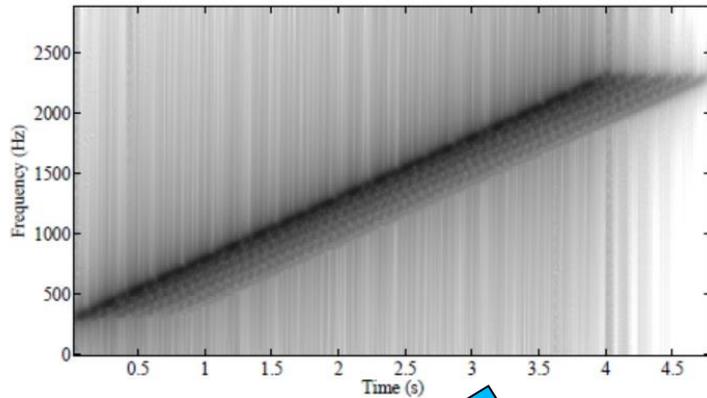


Thèse de Nicolas Josso (2007-2010), 2 papiers journal, 5 papiers conférence
 Collaborations ENSTA-Bretagne (C. Gervaise)



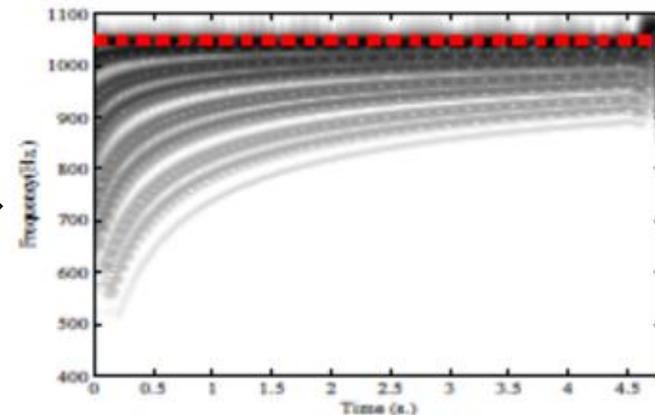
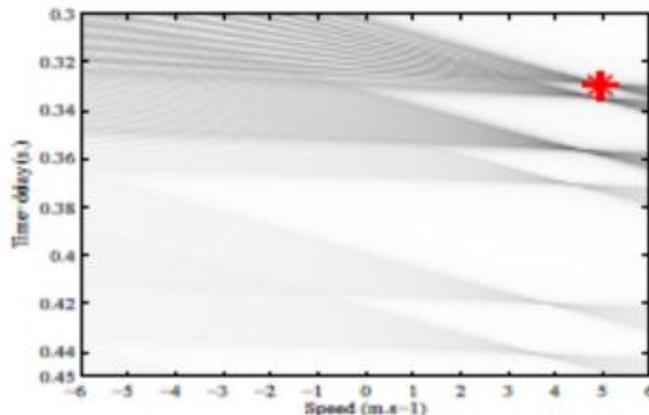
3. Recherche – WARPING défini par modèle Physique

- Contribution – Warping-based Matching Pursuit Decomposition (WB-MPD)



Pas besoin d'estimer l'amplitude !

$$W(\eta_i, \tau_i)$$



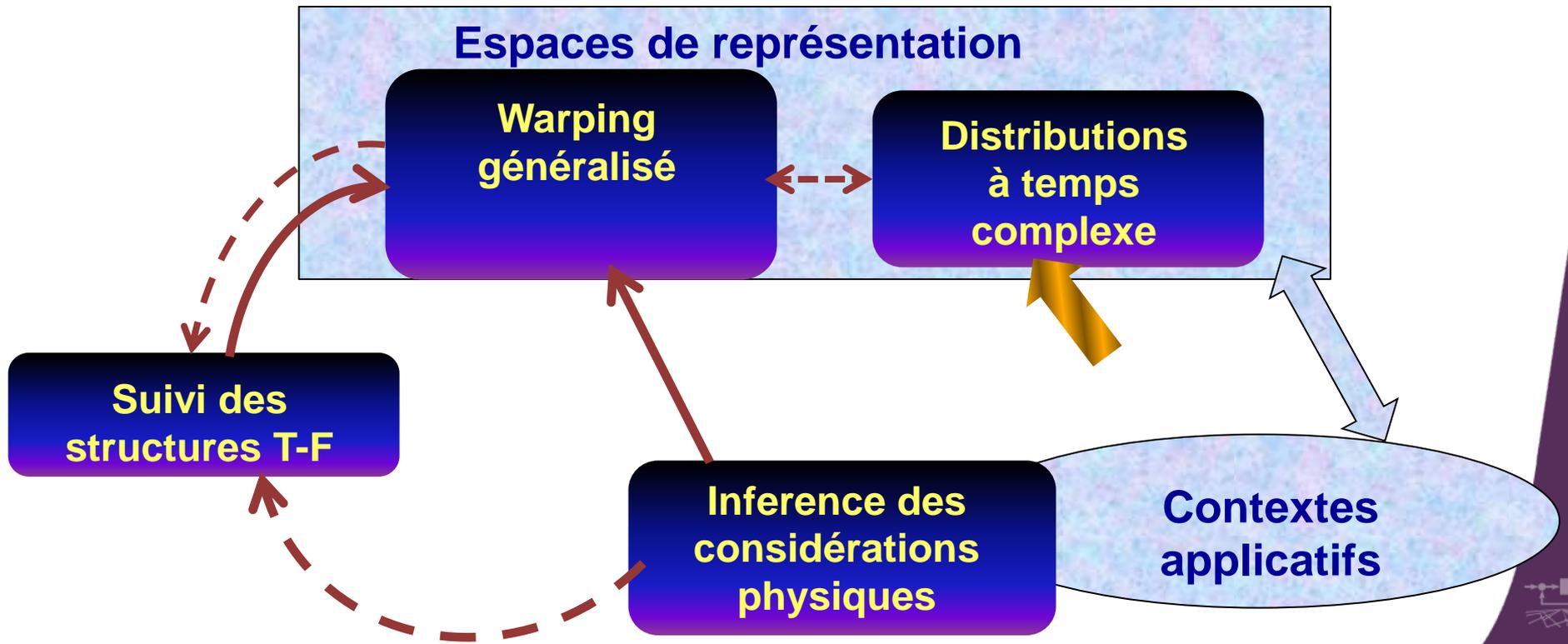
- Perspectives : - Généralisation du warping basé sur la physique
- Caractérisation des paramètres dynamiques locaux de l'environnement



3. Recherche – Positionnement

De la théorie vers les applications !

Caractérisation des signaux non-stationnaires à composantes T-F généralement non-linéaires et inconnues – *point commun* !



3. Recherche – DISTRIBUTIONS à TEMPS COMPLEXE

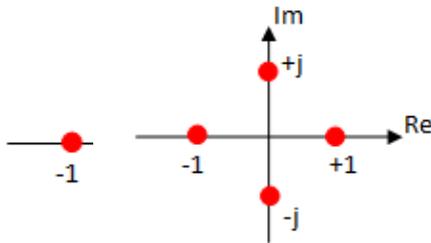
- Problématique – réduire les termes d'intraférence générés dans le cas des composantes temps-fréquence non-linéaires

$$s(t) = re^{j\phi(t)} \quad \Rightarrow \quad RTF_s(t, \omega) \propto \delta(\omega - \phi'(t)) *_{\omega} \mathbf{F}\left\{e^{jQ(t, \tau)}\right\}$$

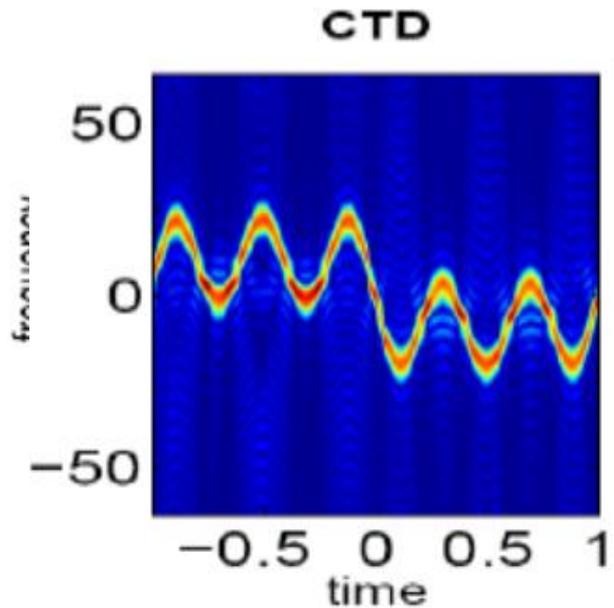
Fonction d'étalement

L. Stankovic, 2002

$$WVD_{CTD}(t, \omega) = \mathbf{F} \left[\underbrace{s\left(t + \frac{\tau}{4}\right) s^*\left(t - \frac{\tau}{4}\right)}_{M_{wv}(t, \tau)} \underbrace{s\left(t + j\frac{\tau}{4}\right) s\left(t - j\frac{\tau}{4}\right)}_{M_{CTD}(t, \tau)} \right]$$



$$s(t) = e^{j[10\cos(\pi t) + 2/3\cos(3\pi t) + \cos(9\pi t)]}$$



$$Q_{ctd}(t, \tau) = \phi^{(3)}(t) \frac{\tau^3}{2^4 3!} + \phi^{(9)}(t) \frac{\tau^9}{2^8 9!} + \phi^{(13)}(t) \frac{\tau^{13}}{2^6 13!} + \dots$$

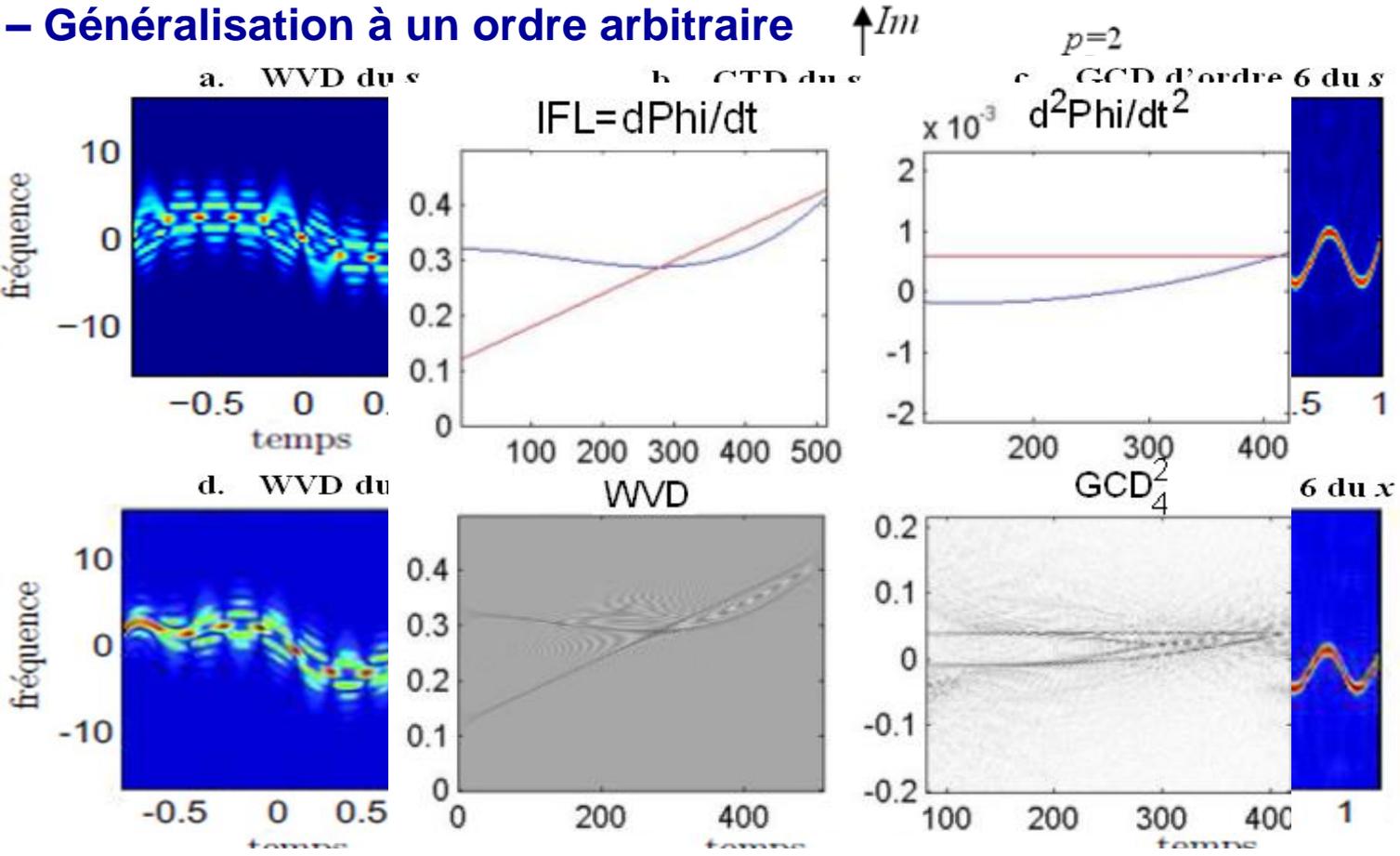


3. Recherche – DISTRIBUTIONS à TEMPS COMPLEXE

- Contributions – Généralisation à un ordre arbitraire

Théorème intégrale de Cauchy :

INST



- Perspectives :** - d'autres techniques de continuation analytique

$$s(t + jm) = \sum_k \langle s(t), \psi_k^*(t) \rangle \psi(t + jm)$$

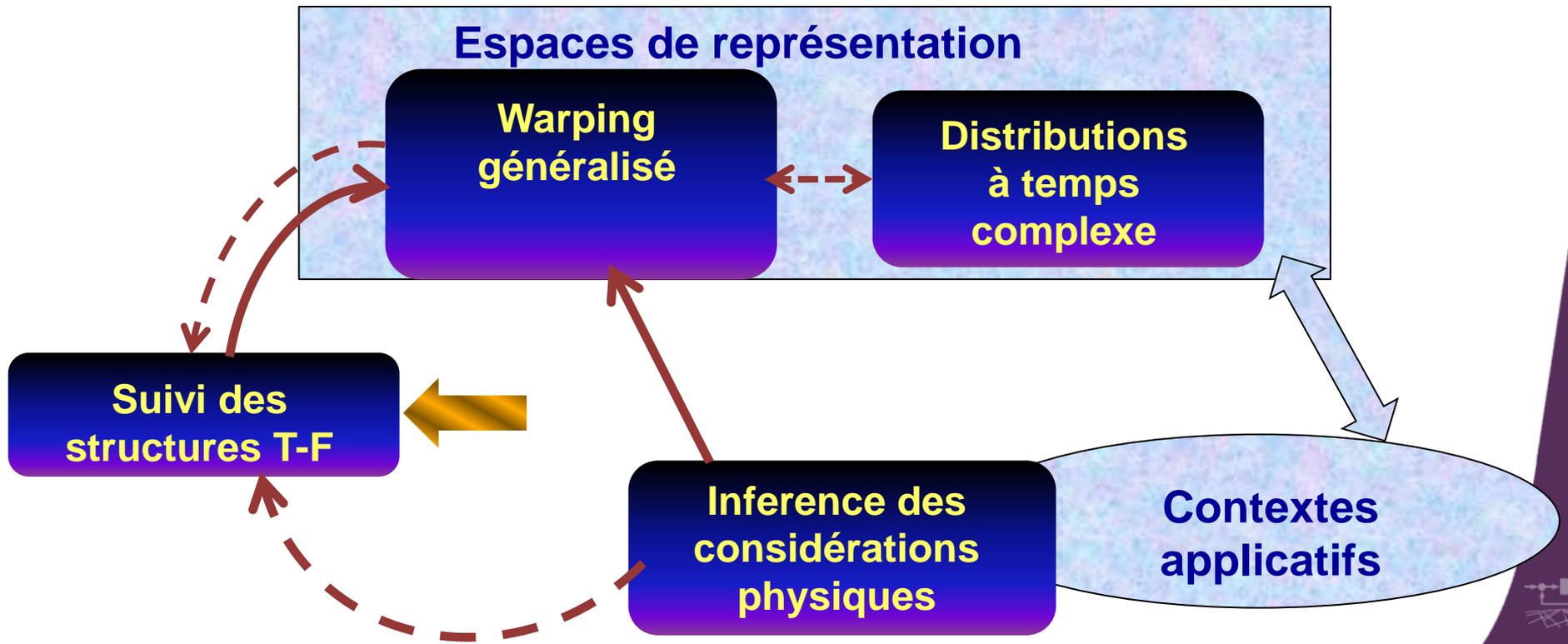
- Généralisation des contours d'intégration – *représentation parcimonieuse des transitoires*



3. Recherche – Positionnement

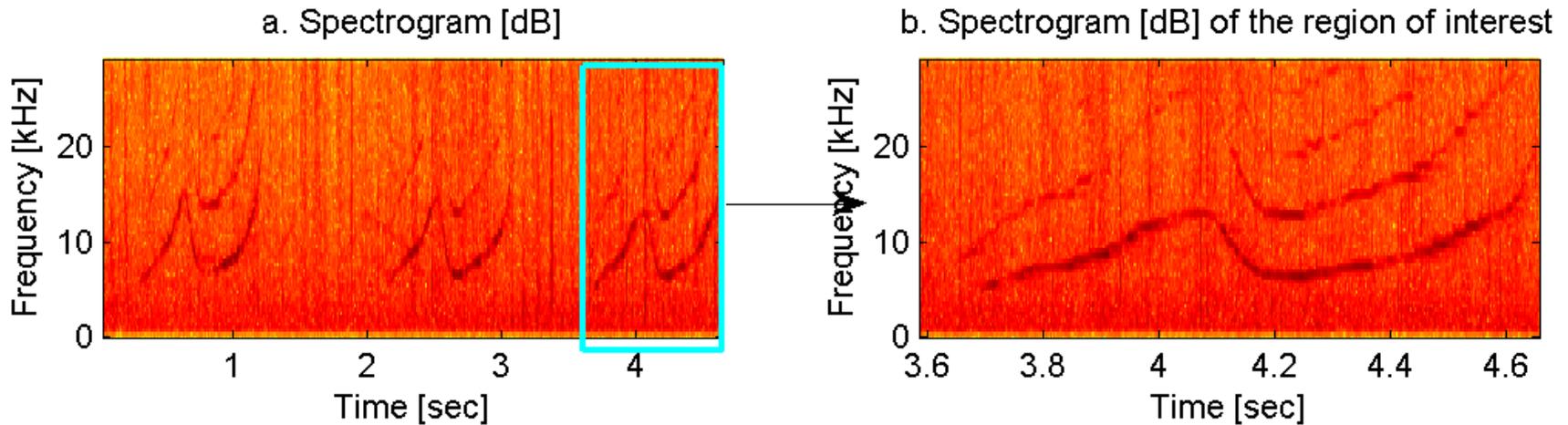
De la théorie vers les applications !

Caractérisation des signaux non-stationnaires à composantes T-F généralement non-linéaires et inconnues – *point commun* !



3. Recherche – Suivi des structures temps-fréquence

- **Objectif** : détecter et isoler les composantes du signal
- **Problématique** : les signaux réels – structures compliquées, interférences, perturbations, grand volume de données



Travaux en deux phases :

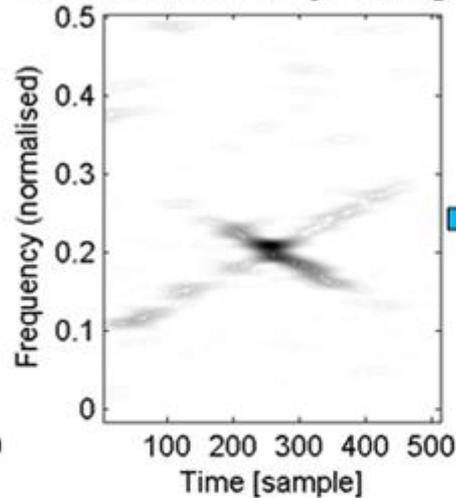
- 2003-2006, 2009 – Thèse de Cédric Cornu et collaboration TFSA sur la robustesse ; *4 papiers revue et 3 conférences*
- 2005-2010 – Thèse d'Arnaud Jarrot et collaboration ENSTA Bretagne ; *4 papiers revue et 8 conférences*

3. Recherche – Suivi des structures temps-fréquence

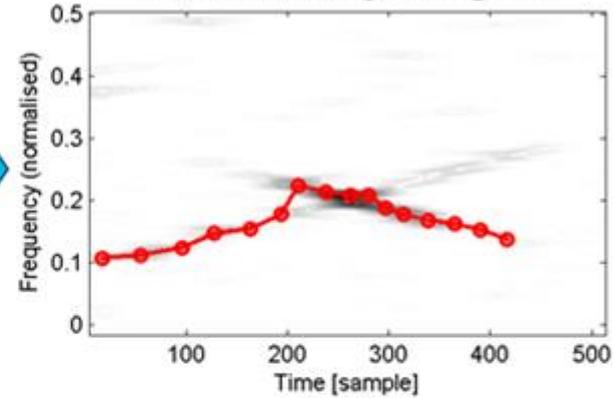
- Contribution – Continuité énergétique et algorithme de type Viterbi

Représentation temps-fréquence issue de la batterie de filtres

c. Thresholded spectrogram



Thresholded spectrogram

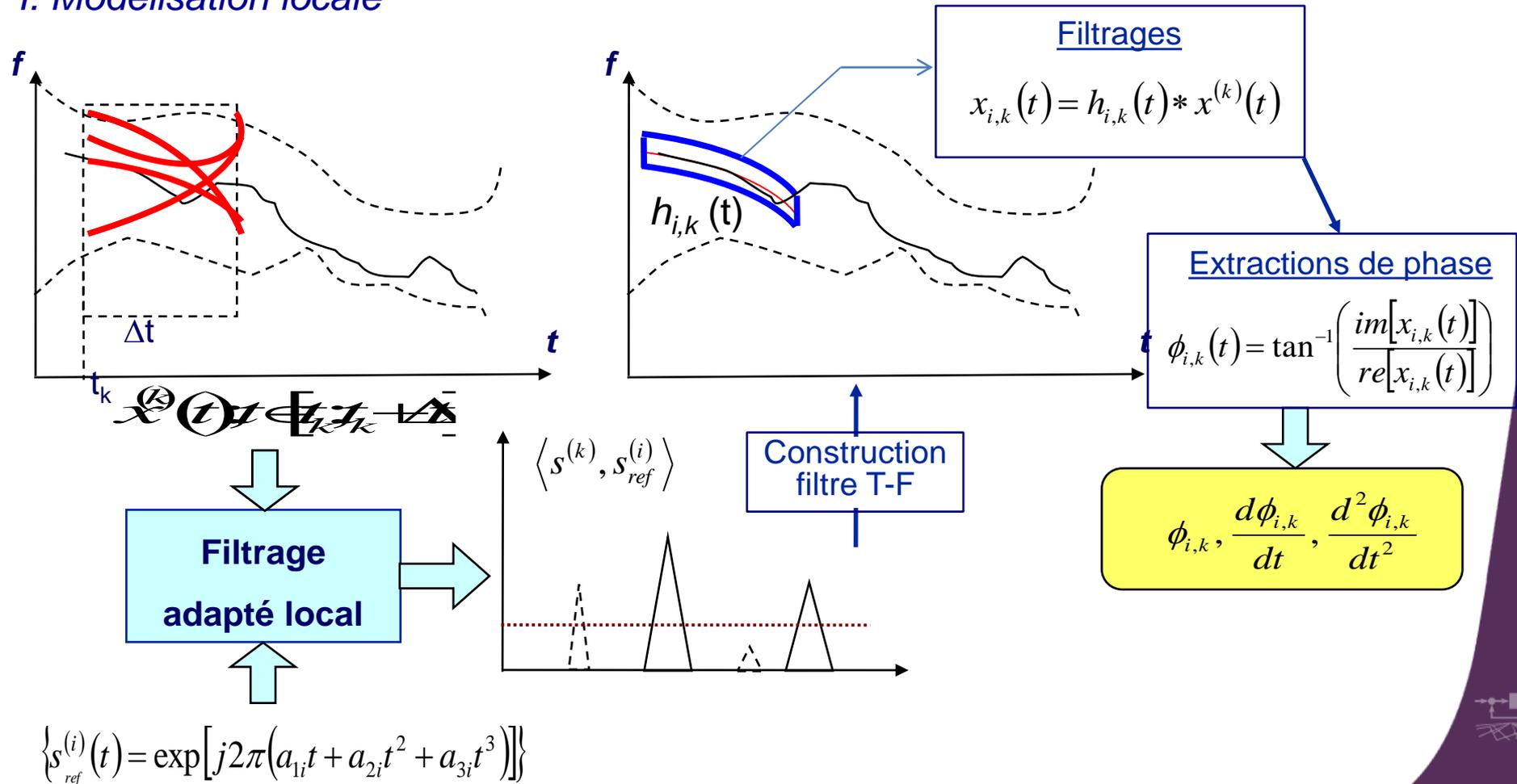


Difficultés pour des structures qui se croisent et en présences des variations d'amplitudes intra-structures

3. Recherche – Suivi des structures temps-fréquence

• Contribution 2005-2010 – Continuité des paramètres locaux

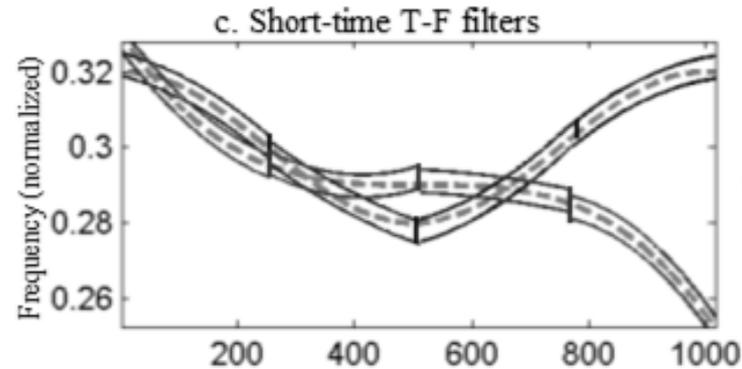
I. Modélisation locale



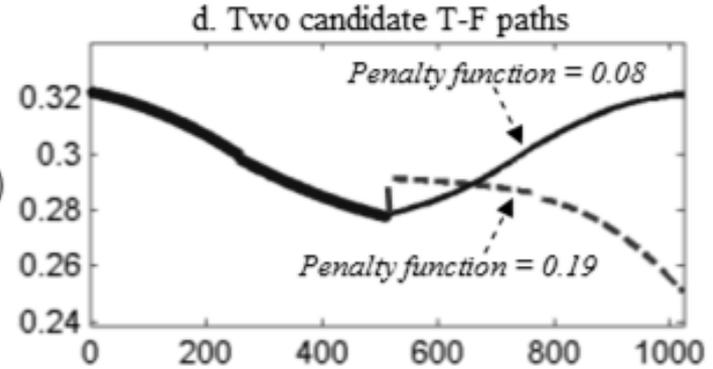
3. Recherche – Suivi des structures temps-fréquence

- Contribution 2005-2010 – Continuité des paramètres locaux

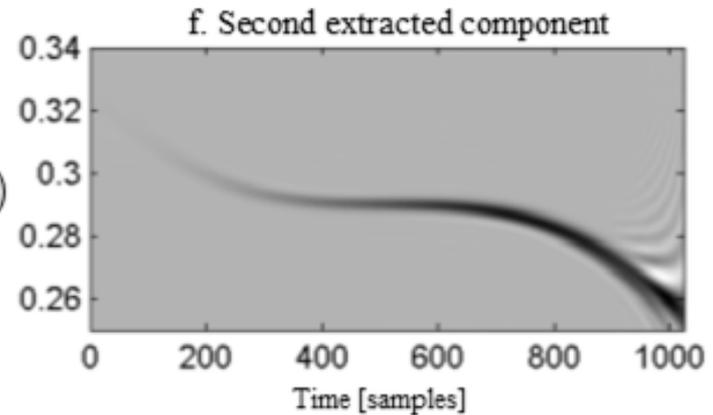
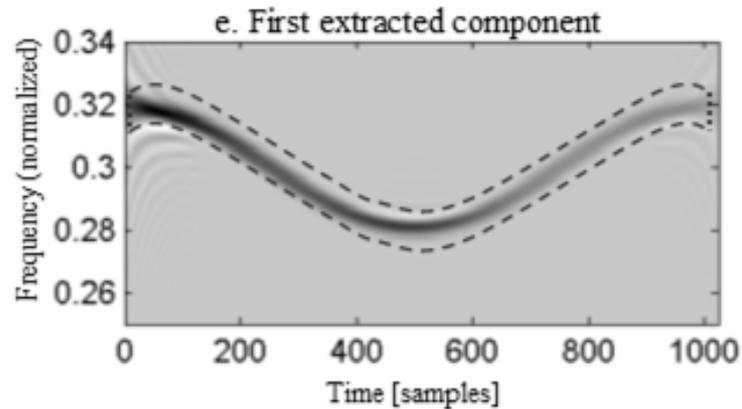
II. Connecter les composantes T-F locales à partir de la continuité de phase instantanée



2



3



- Difficulté de construction du dictionnaire local – *trop grand*

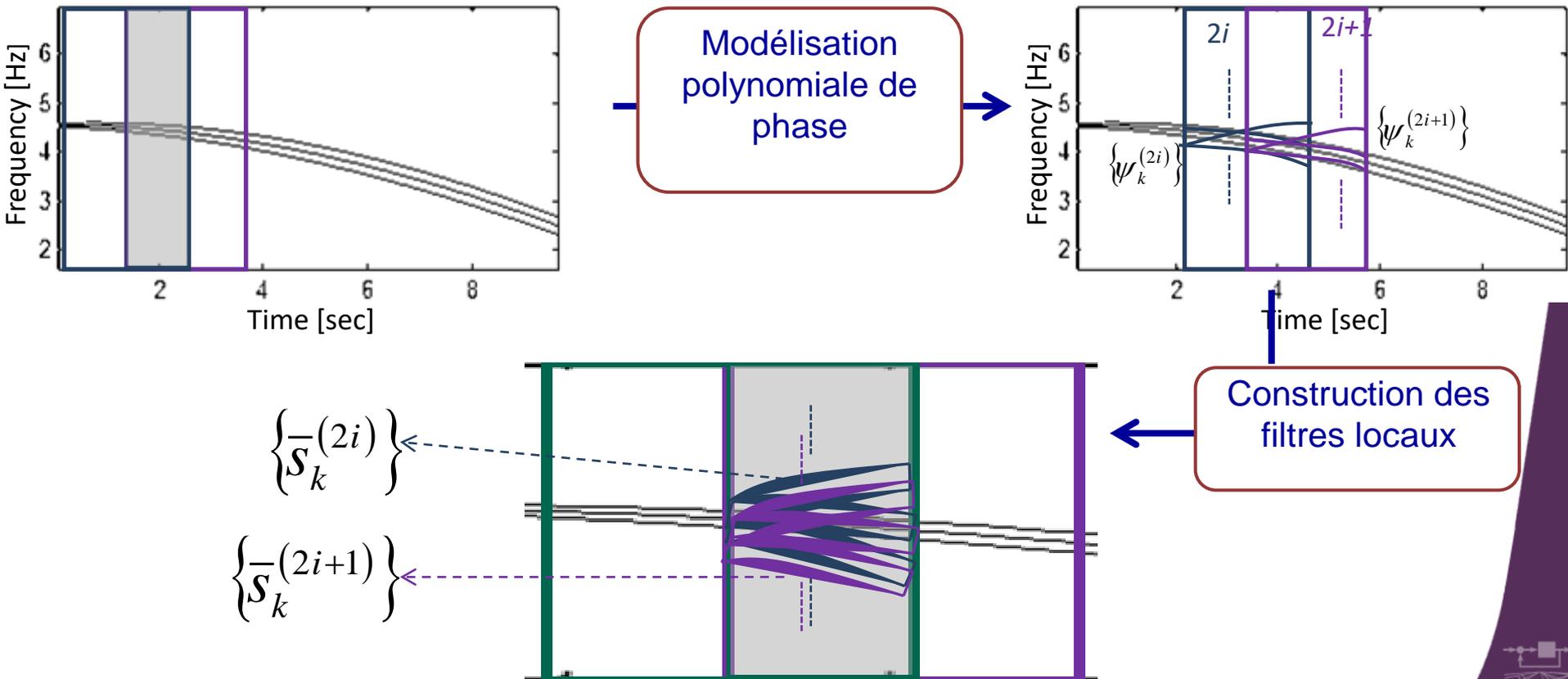
- Difficulté pratique de paramètres les poids des critères



3. Recherche – Suivi des structures temps-fréquence

- **Contribution 2005-2010 – Analyse temps-fréquence-phase**

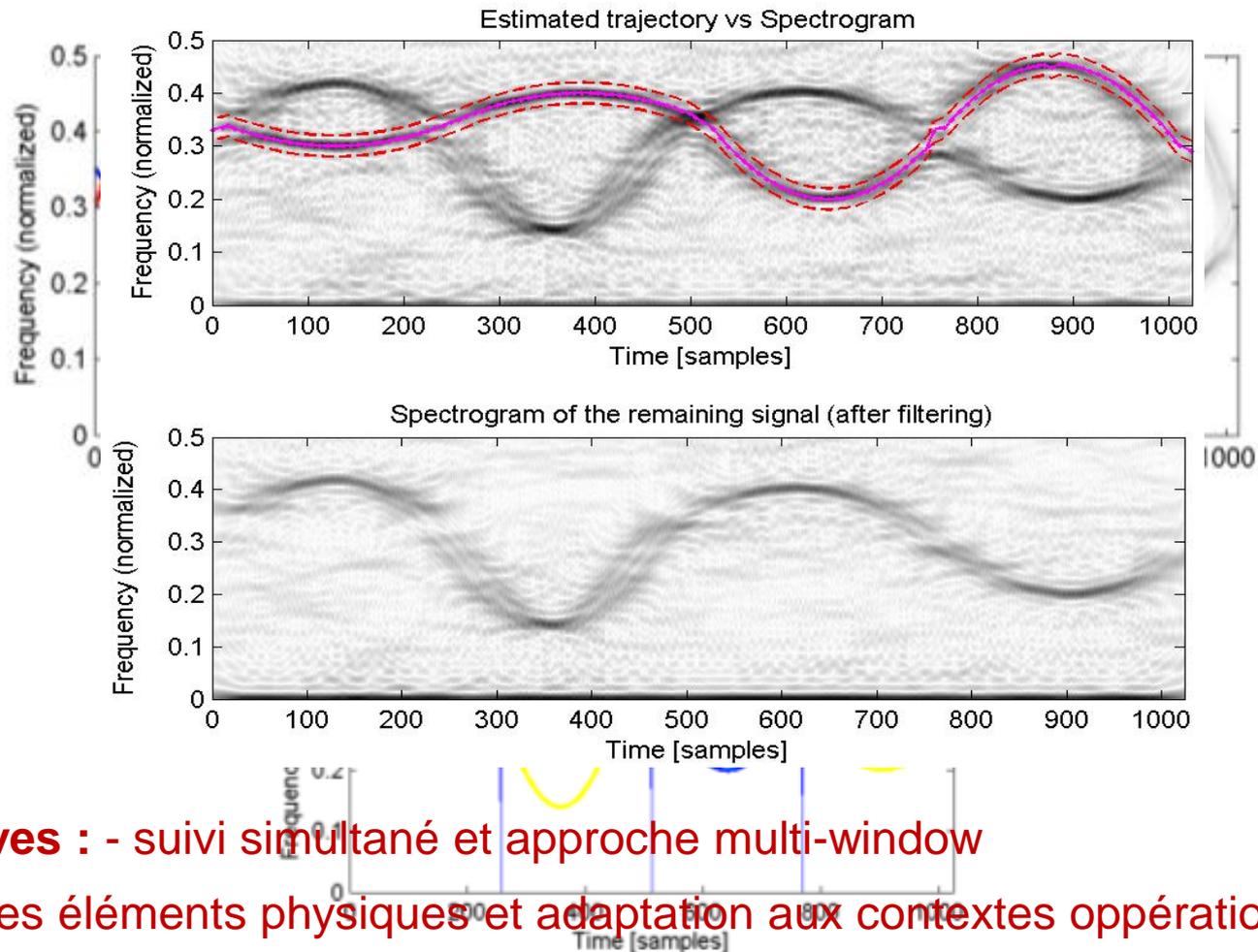
- Remplacer le dictionnaire local par la modélisation polynomiale de la phase



3. Recherche – Suivi des structures temps-fréquence

- **Contribution 2005-2010 – Analyse temps-fréquence-phase**

➤ Fusion locale par maximisation de la corrélation - *pas de paramétrage requis*



- **Perspectives :** - suivi simultané et approche multi-window

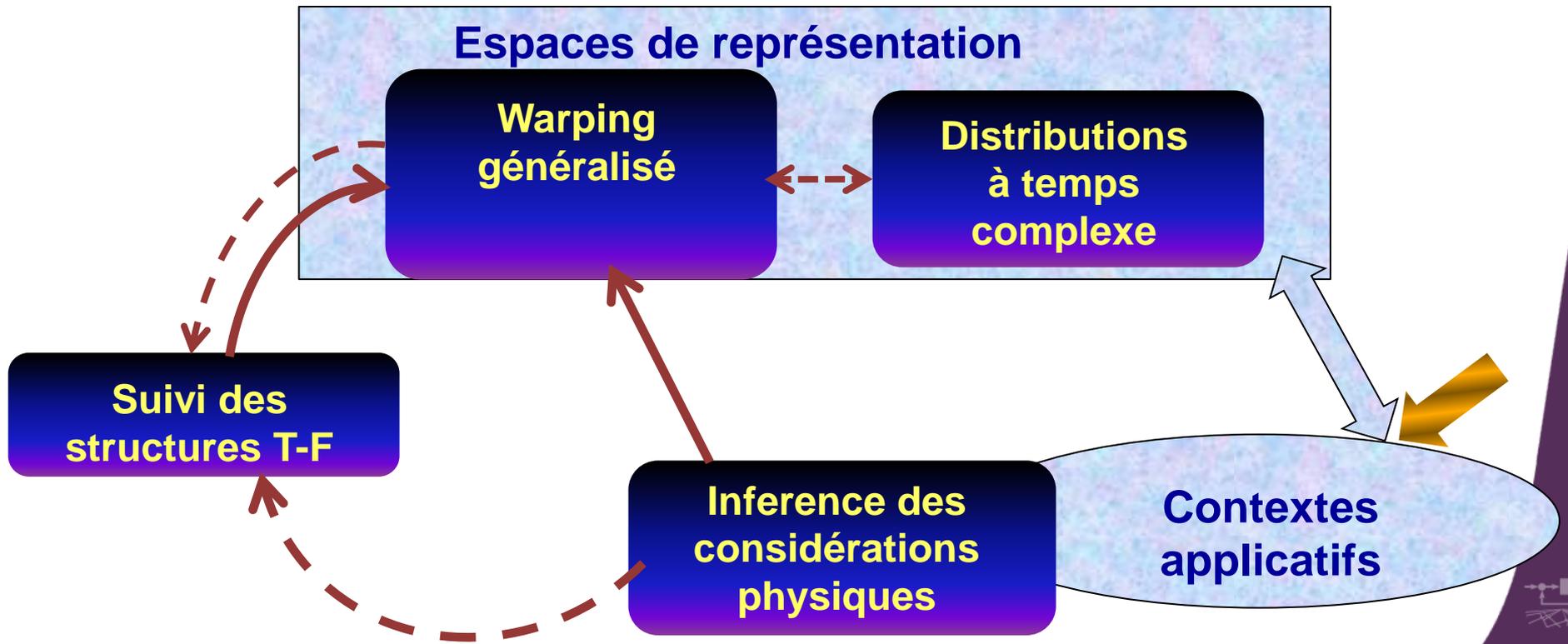
- Inférence des éléments physiques et adaptation aux contextes opérationnels



3. Recherche – Positionnement

De la théorie vers les applications !

Caractérisation des signaux non-stationnaires à composantes T-F généralement non-linéaires et inconnues – *point commun* !



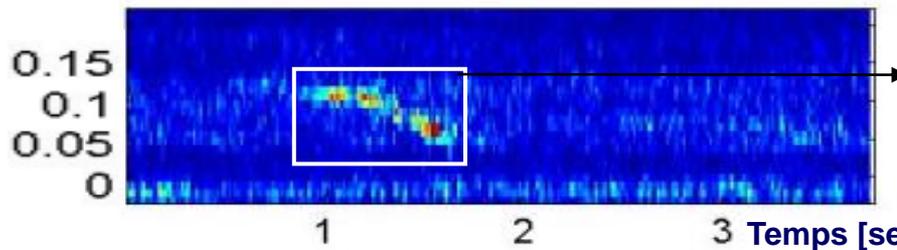
3. Recherche – APPLICATIONS – Acoustique Sous-Marine

8 papiers revues, 20 papiers conférences et 1 chapitre d'ouvrage
Partie applicative des thèse d'A. Jarrot et N. Josso

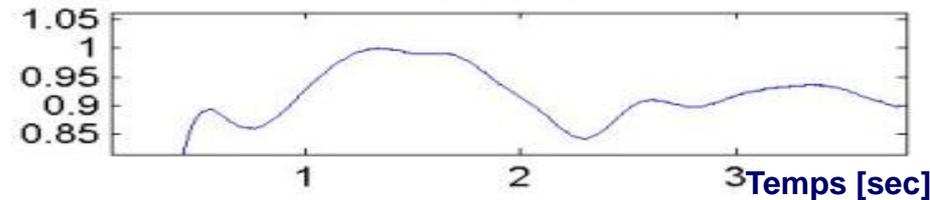
- Contributions au concept de tomographie passive



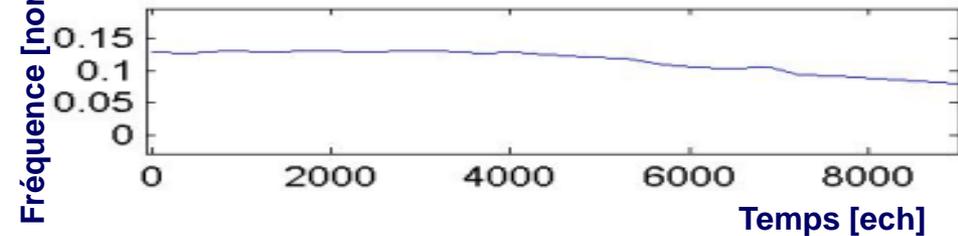
Spectrogramme



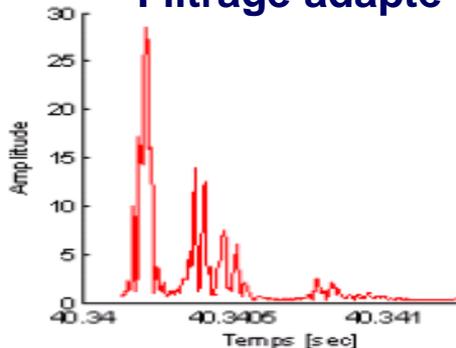
Détection



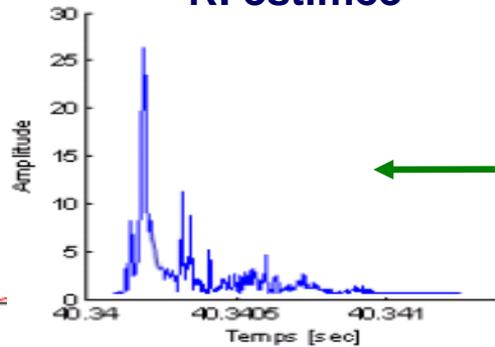
Suivi T-F



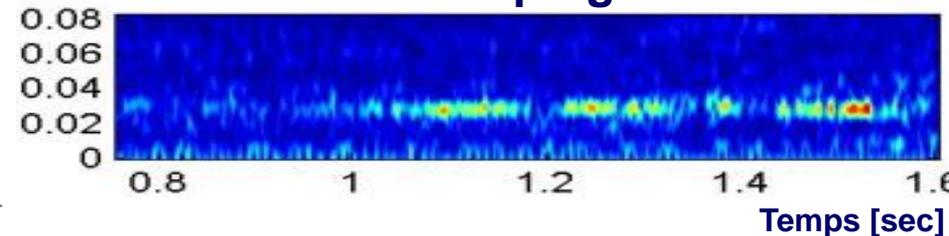
Filtrage adapté



RI estimée



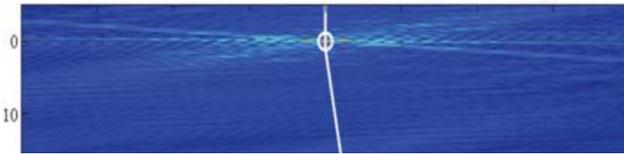
Warping



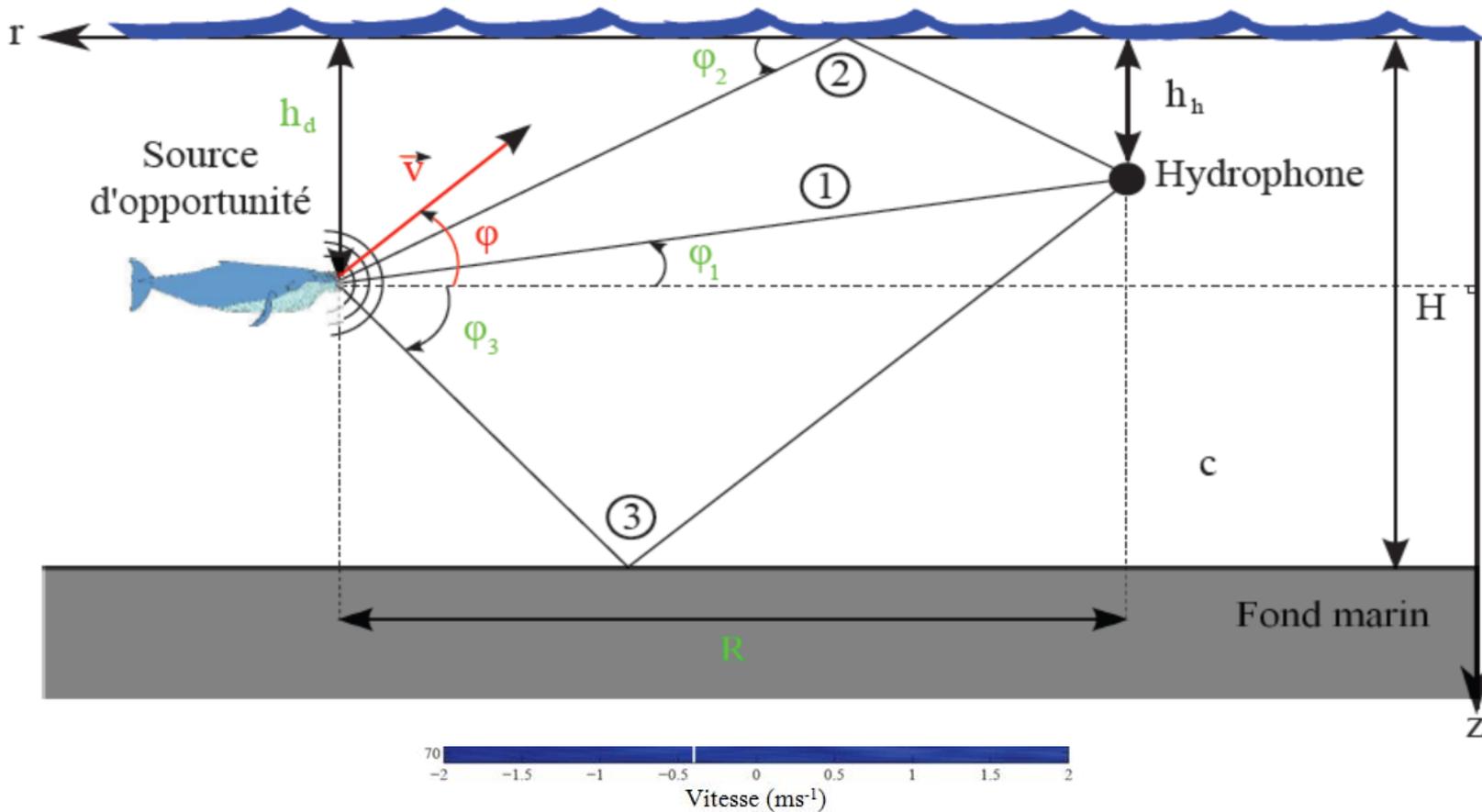
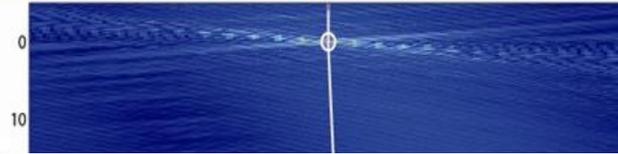
3. Recherche – APPLICATIONS – Acoustique Sous-Marine

- Contributions à la caractérisation en configuration dynamique

a. FA d'une vocalise d'un dauphin au repos

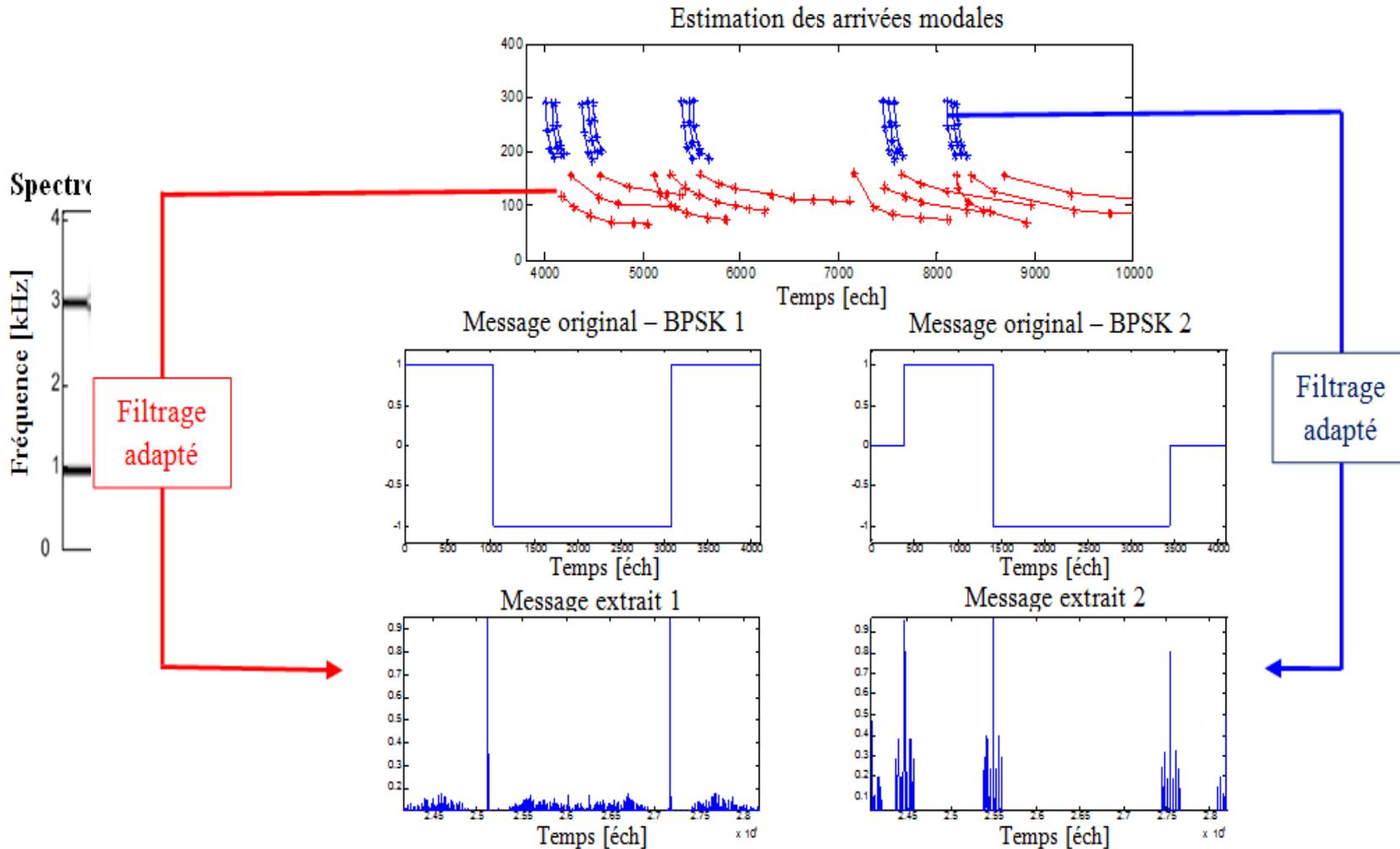


b. FA d'une vocalise de dauphin en mouvement horizontal



3. Recherche – APPLICATIONS – Acoustique Sous-Marine

- Contributions à l'analyse et l'utilisation des phénomènes dispersifs

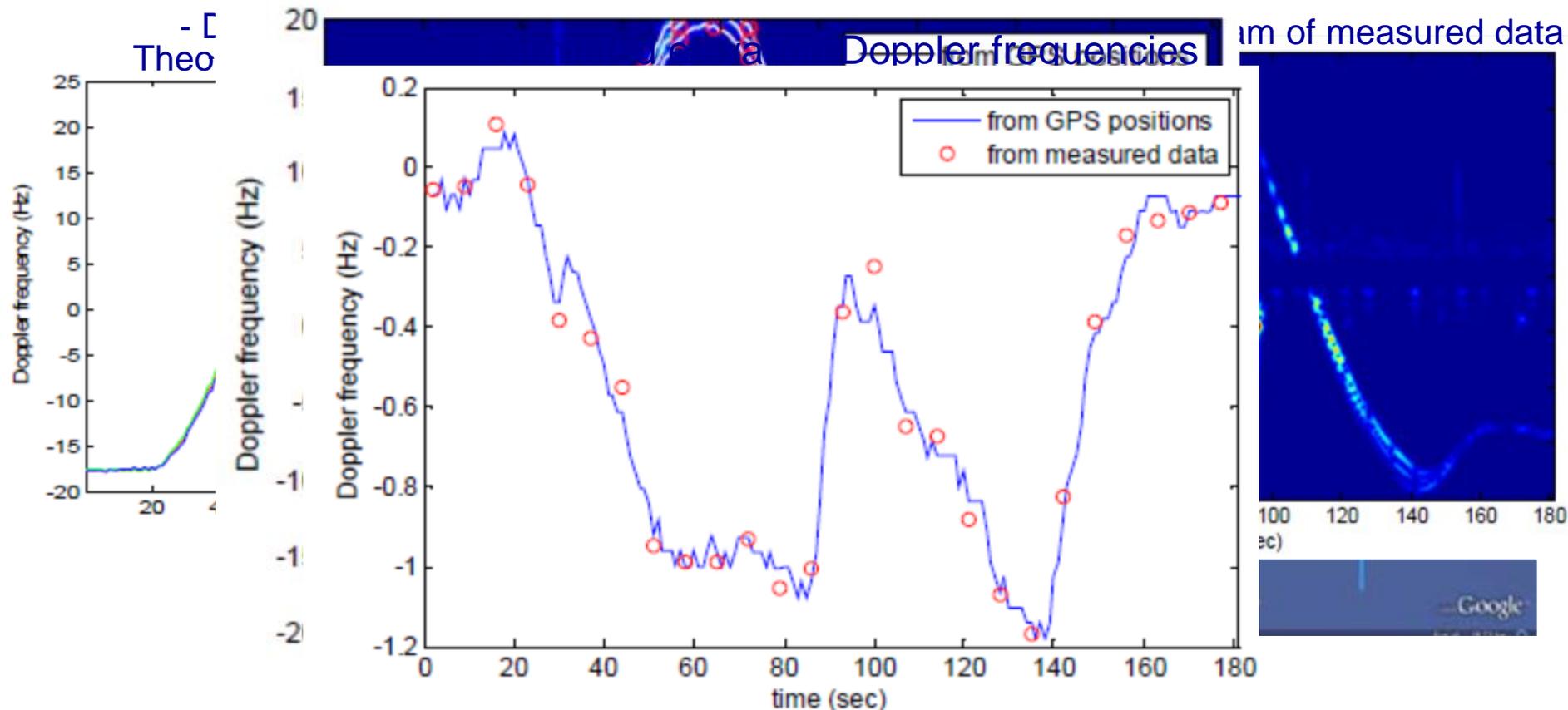


3. Recherche – APPLICATIONS - Radar

4 papiers revues, 8 papiers conférences volet applicatif thèse
C. Cornu



- Données réelles fournies par la DSTO Australienne

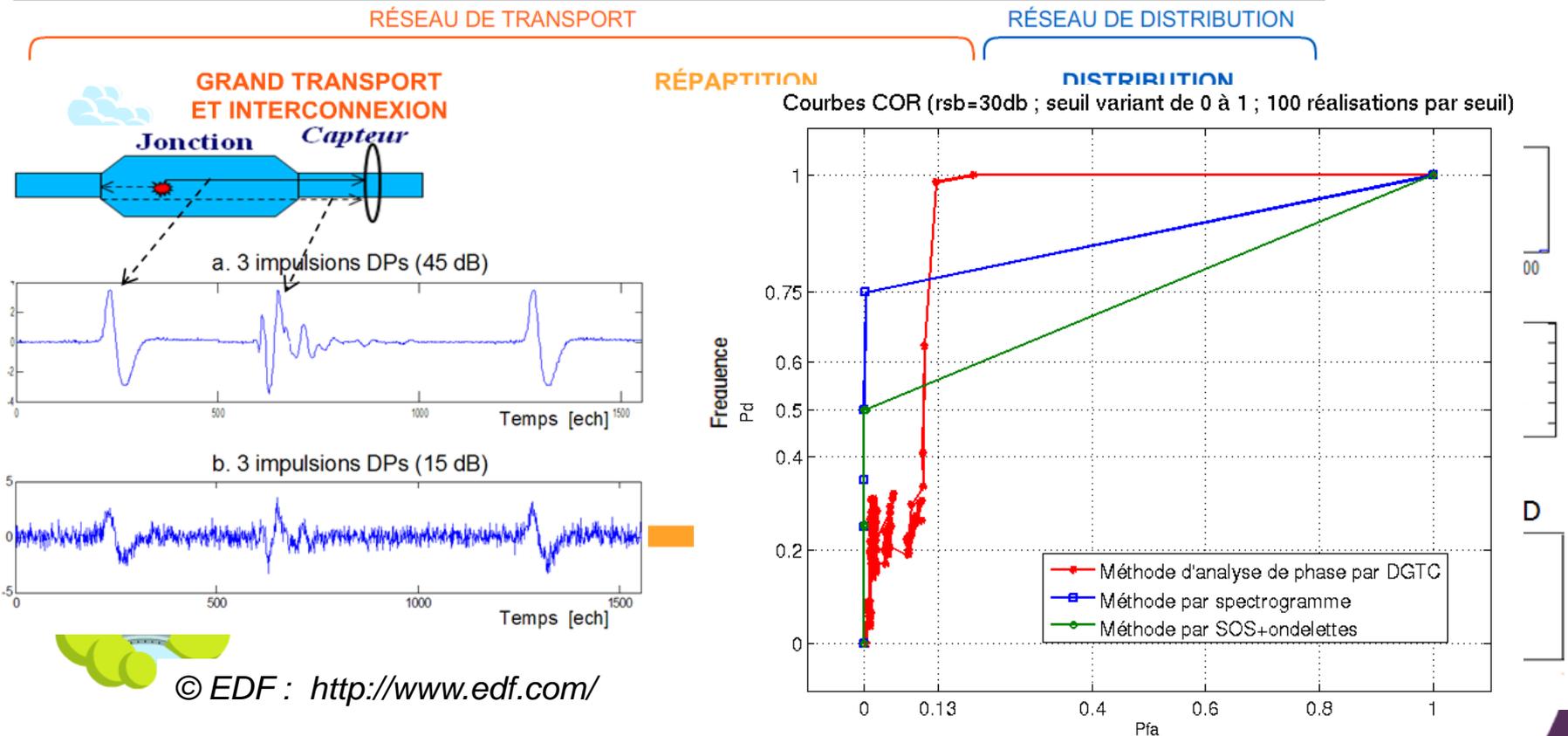


3. Recherche – APPLICATIONS en contexte industriel



1 papier revues, 5 papiers conférences et 1 brevet
Volets applicatifs de la thèse de B. Gottin et F. Birleanu

- Contributions dans le monitoring des réseaux de transport d'énergie



© EDF : <http://www.edf.com/>

Motifs de la GCD – aide à la synchronisation

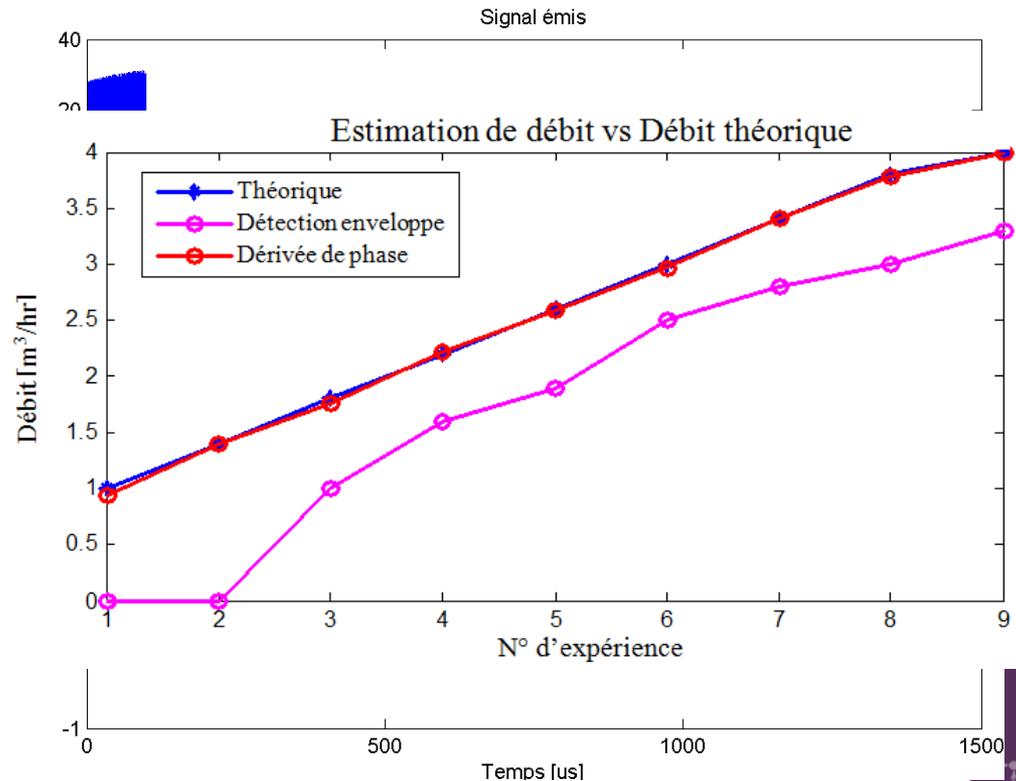
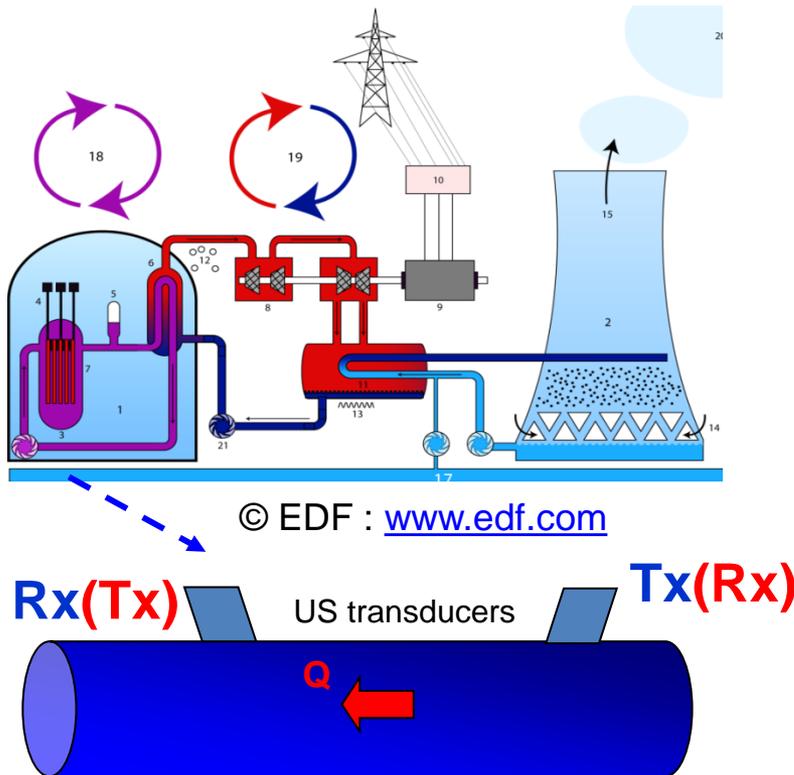


3. Recherche – APPLICATIONS en contexte industriel



1 papier revues, 5 papiers conférences et 1 brevet
Volets applicatifs de la thèse de B. Gottin et F. Birleanu

Contributions dans la mesure des débits



Caractérisation des signaux non-stationnaires à composantes temps-fréquence non-linéaires

PLAN DE LA PRESENTATION

1. Curriculum Vitae

2. Activités d'enseignement et collectives

3. La recherche

4. Conclusions et Perspectives

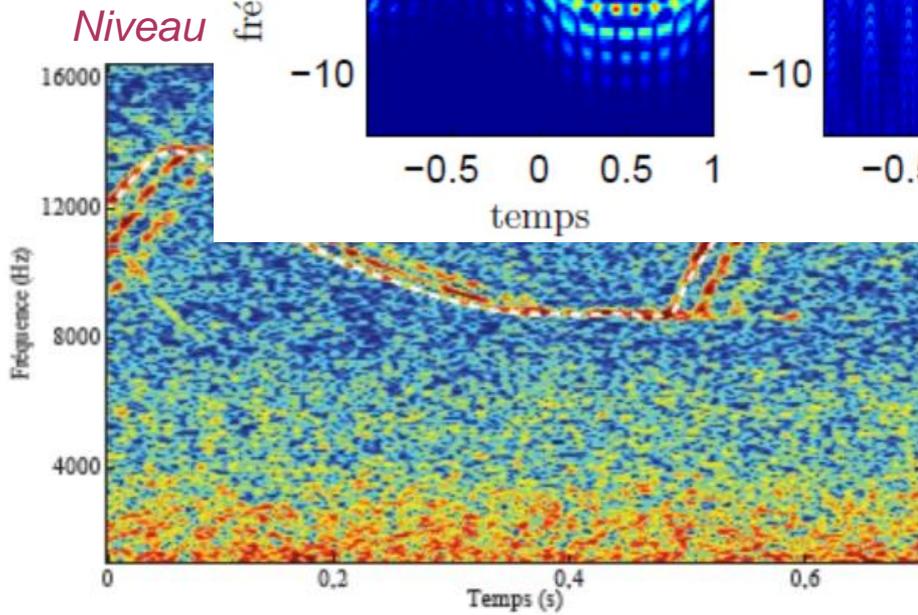
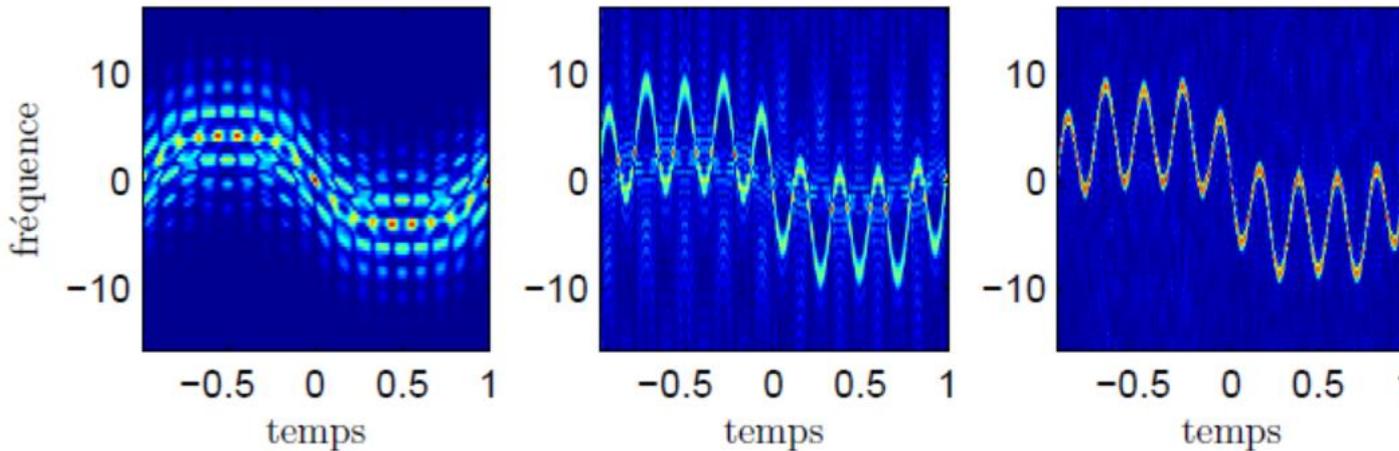


4. CONCLUSIONS – Vue de synthèse

Generalized Warping
(2005)

Generalized Complex Time
Distribution (2004)

Niveau composante T-F non-linéaire



dar,
MEMES APPROCHES !!!

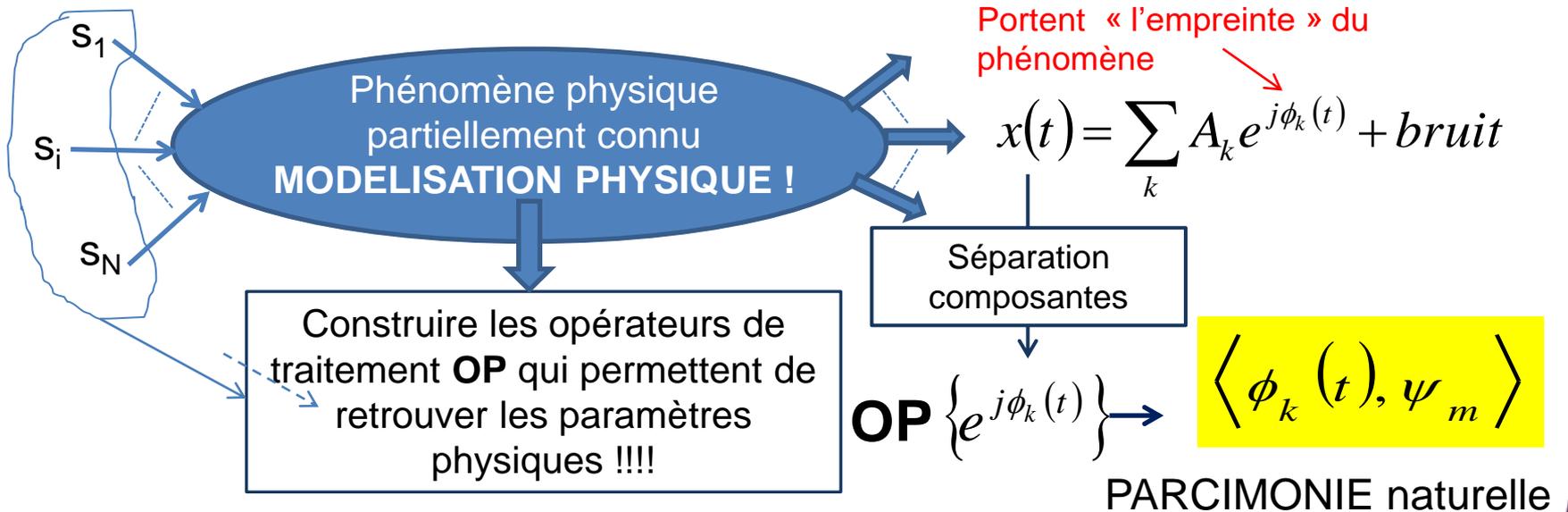
*informations multi-sources en
tion globale
ansitoires*



4. PERSPECTIVES GLOBALES

Généralisation de l'inférence des éléments physiques dans la définition des espaces de représentation – *vers une représentation parcimonieuse inspirée par la physique*

Thèses Ion CANDEL (2011-2014) et Florian DADOCHI (2011-2014, partiellement)



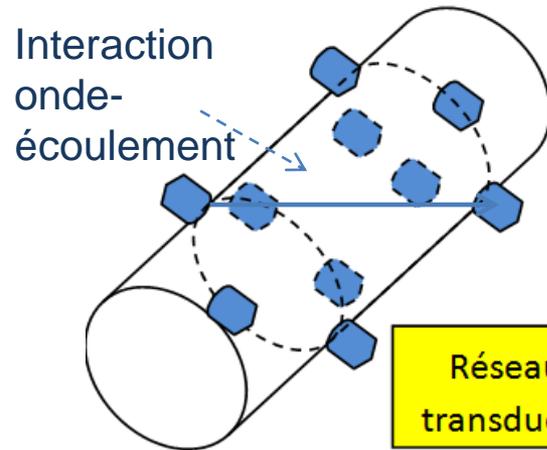
Idée : opérateurs non-linéaires $\prod [e^{j\phi_k(t)}]^\Psi = e^{j\sum \Psi \phi_k(t)}$



4. PERSPECTIVES GLOBALES

Généralisation de l'inférence des éléments physiques dans la définition des espaces de représentation – *vers une représentation parcimonieuse inspirée par la physique*

Projet Smart Hydro Monitoring 2012-2016



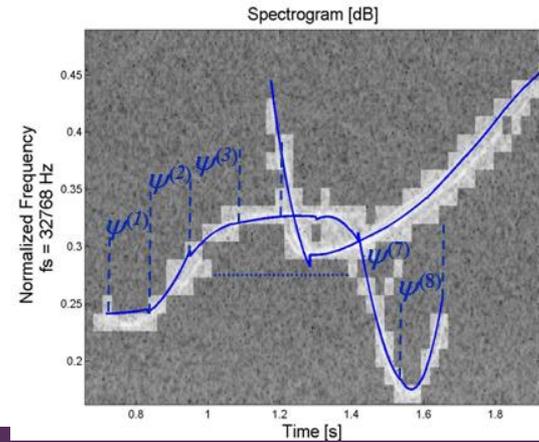
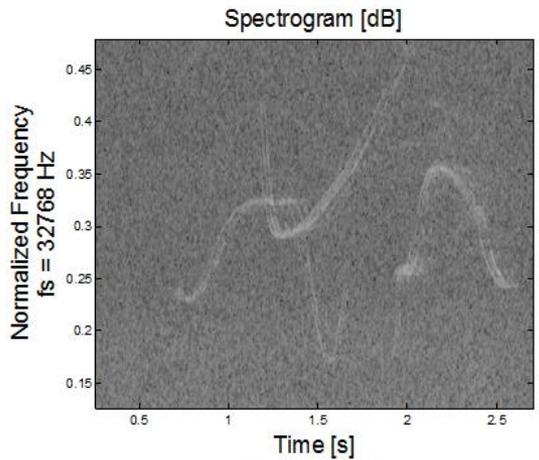
Doppler à μ -échelle => déformations sur la phase du signal



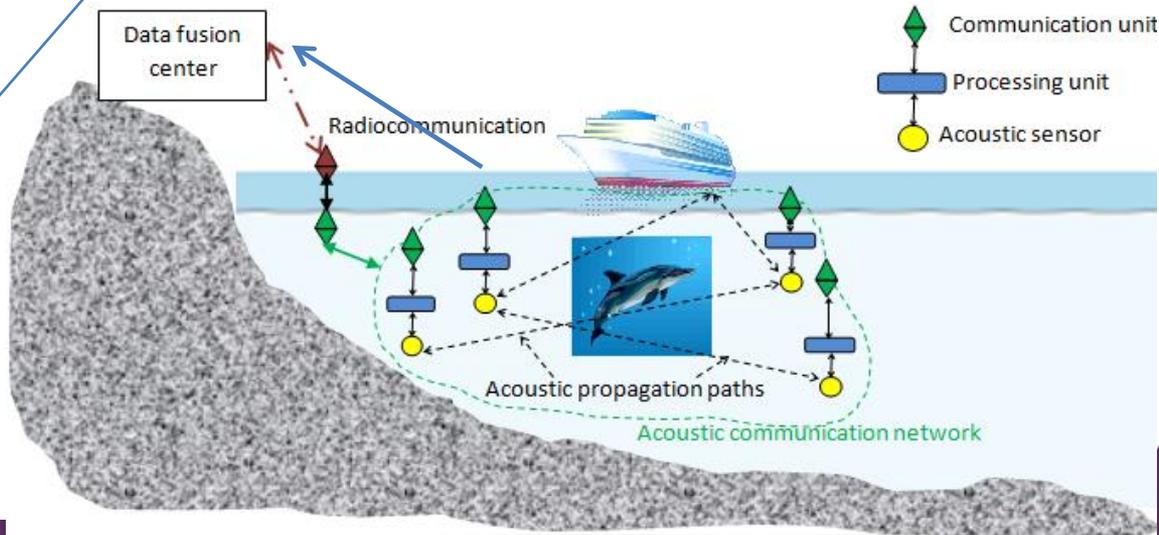
4. PERSPECTIVES GLOBALES

Analyse **distribuée** des signaux – contributions au développement des réseaux de capteurs intelligents

Problématiques : optimisation algorithmique et Détection, Classification, Localisation en distribué et à partir d'une représentation parcimonieuse



	$\psi^{(1)}$	$\psi^{(2)}$	$\psi^{(3)}$	$\psi^{(4)}$
a_1 [Hz]	7909	7937	9549	10462
a_2 [Hz/sec]	1097	15199	7902	1767
a_3 [Hz/sec ²]	0.2498	1.8693	-1.1727	-0.1559



- Communication unit
- Processing unit
- Acoustic sensor



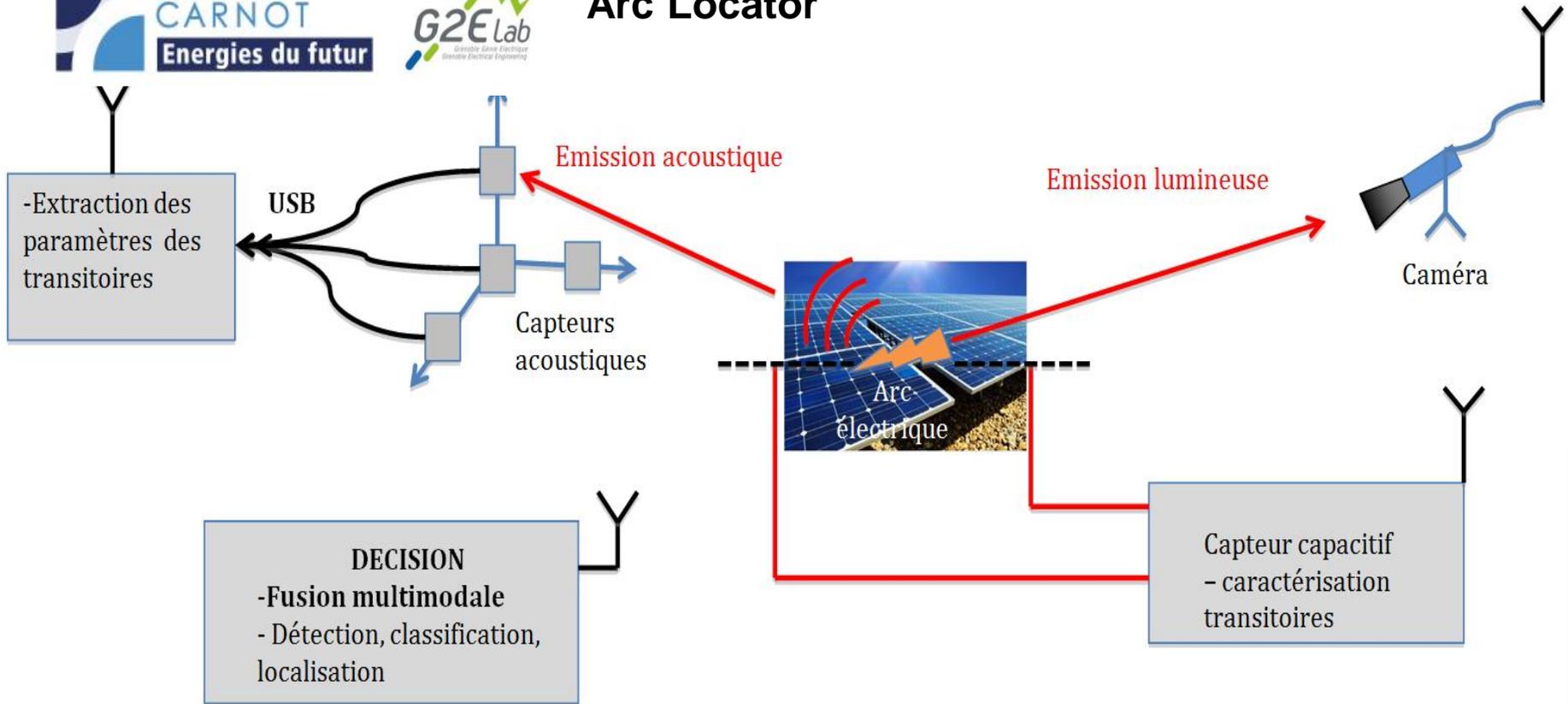
4. PERSPECTIVES GLOBALES

Caractérisation parcimonieuse des transitoires

Thèses Florin BIRLEANU (2009-2012) et Cindy BERNARD (2012-2015)



Arc Locator



Contribution au Compressive sensing

