

Détection ultrasonore automatique de micro-emboles par des techniques de prédictions linéaires synchrones

J.-M. Girault, S. Ménigot, L. Dreibine et N. Meziati

Université François Rabelais de Tours
Inserm U930 - CNRS ERL 3106 - Équipe 5
Imagerie et Cerveau

14 avril 2010

CFA 10

10ème Congrès Français d'Acoustique
Lyon, 12-16 Avril 2010



- 1 Méthodes
 - Détection standard et Gold standard
 - Détection synchronisée et prédiction linéaire
- 2 Résultats et discussion
 - Simulations
 - Signaux in vitro
- 3 Conclusion

Introduction

Objectifs

- Prévenir des accidents vasculaires cérébraux
↪ **Détection automatique des micro-emboles précurseurs**
- Détection existante par Doppler Transcrânien ultrasonore insuffisante pour quelques micro-emboles
↪ **Augmenter la robustesse de la détection**

Problématique

Objectifs

- Prévenir des accidents vasculaires cérébraux
↳ **Détection automatique des micro-emboles précurseurs**
- Détection existante par Doppler Transcrânien ultrasonore insuffisante pour quelques micro-emboles
↳ **Augmenter la robustesse de la détection**

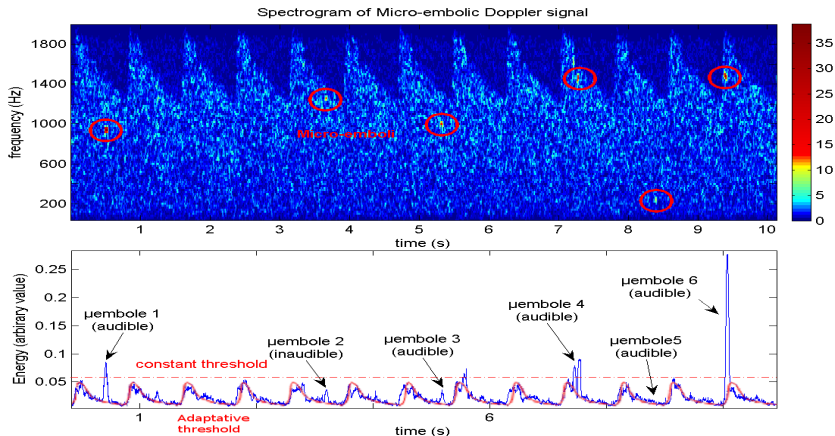


Pré-requis

- Hypothèse : signal Doppler est cyclo-stationnaire
- Signature embolique : signal imprévisible, transitoire et de haute intensité

Pré-requis

- Hypothèse : signal Doppler est cyclo-stationnaire
- Signature embolique : signal imprévisible, transitoire et de haute intensité



Détection standard et Gold standard

Détection standard

- Détection

$$ID \underset{H_0}{\overset{H_1}{\leq}} \lambda$$

où ID est l'énergie calculée par Transformée de Fourier à court termes

- Seuil λ constant

$$\lambda = \mu + \beta\sigma$$

où μ est la moyenne du signal Doppler et σ son écart-type

Détection standard et Gold standard

Détection standard

- Détection

$$ID \underset{H_0}{\overset{H_1}{\leq}} \lambda$$

où ID est l'énergie calculée par Transformée de Fourier à court termes

- Seuil λ constant

$$\lambda = \mu + \beta\sigma$$

où μ est la moyenne du signal Doppler et σ son écart-type

Détection standard et Gold standard

Détection standard

- Détection

$$ID \underset{H_0}{\overset{H_1}{\leq}} \lambda$$

où ID est l'énergie calculée par Transformée de Fourier à court termes

- Seuil λ constant

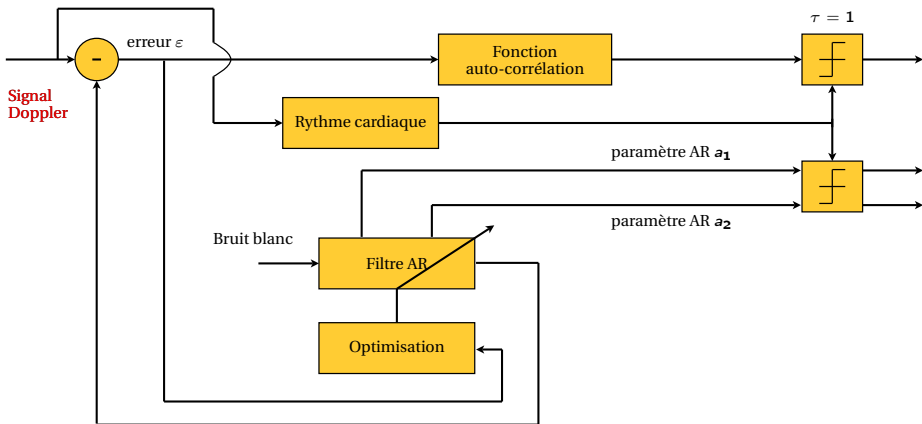
$$\lambda = \mu + \beta\sigma$$

où μ est la moyenne du signal Doppler et σ son écart-type

Gold standard

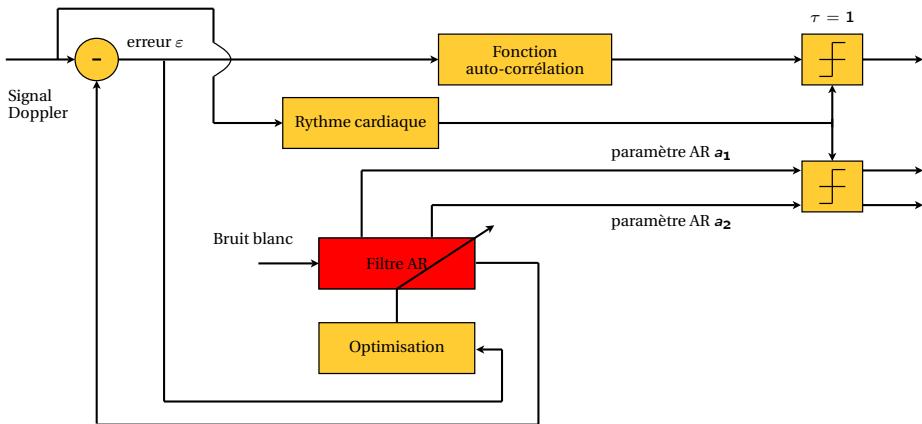
- Écoute des signaux Doppler
- Visualisation du spectrogramme des signaux

Détection synchronisée et prédiction linéaire



- 1 Calcul de l'énergie du signal par transformée de Fourier à court terme

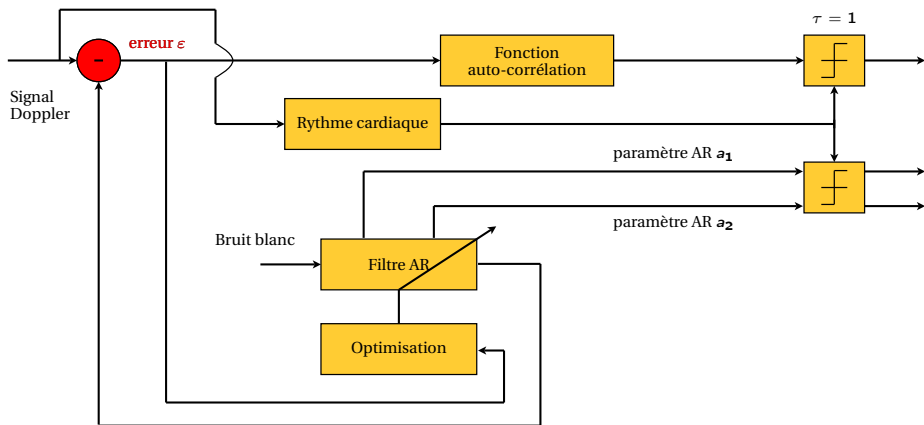
Détection synchronisée et prédiction linéaire



2 Modélisation AR à l'ordre 2 du signal

$$\hat{x}(n) = -a_1x(n-1) - a_2x(n-2)$$

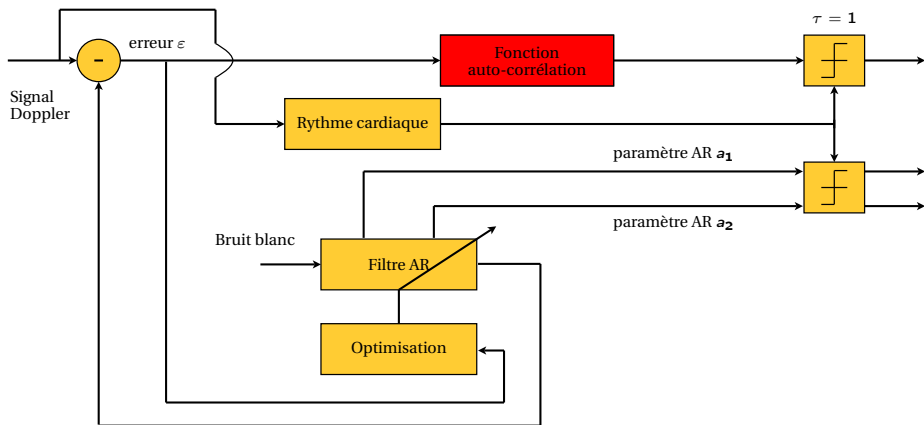
Détection synchronisée et prédiction linéaire



3 Calcul de l'erreur

$$\varepsilon(n) = x(n) - \hat{x}(n)$$

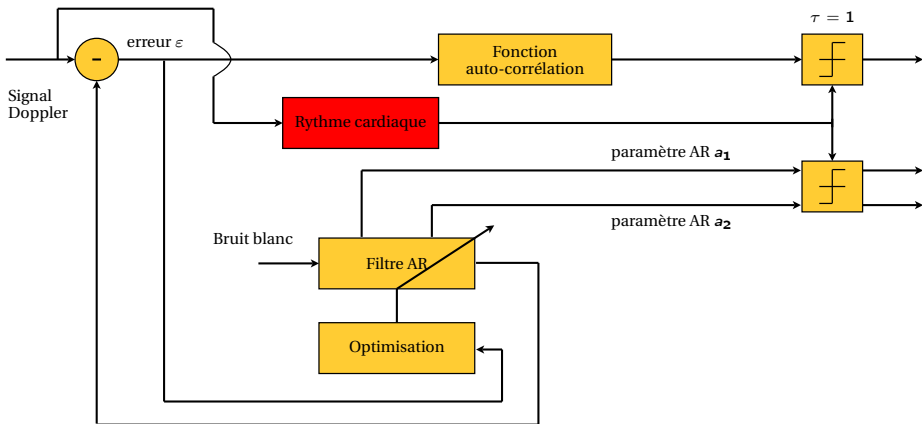
Détection synchronisée et prédiction linéaire



4 Autocorrélation de l'erreur

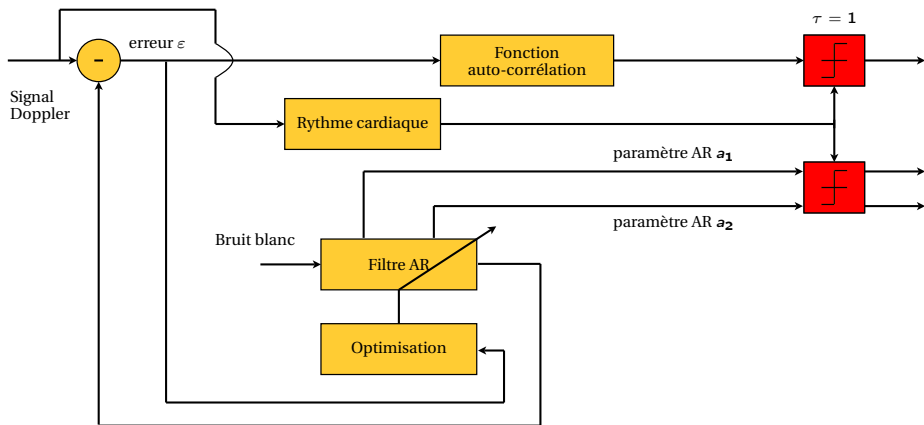
$$\Gamma_{\varepsilon\varepsilon}(n) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \varepsilon(m)\varepsilon^*(m-n)$$

Détection synchronisée et prédiction linéaire



5 Synchronisation avec le cycle cardiaque

Détection synchronisée et prédiction linéaire



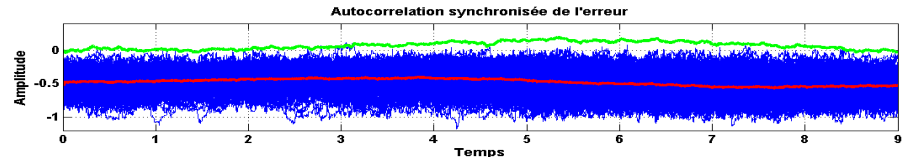
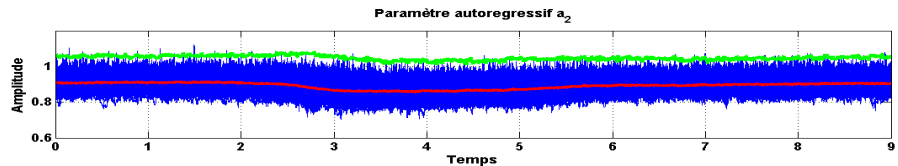
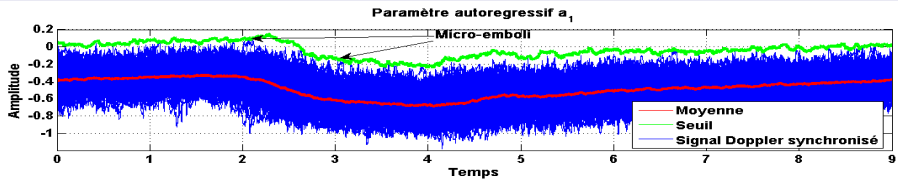
6 Détection par le seuil $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \mu(t) + \beta\sigma(t)$$

Résultats et discussion

Simulations

Exemple de détection synchronisée



Simulations

Seuil

Seuil fixé pour avoir 100 % de détection

↔ possibilité d'avoir des fausse-alarmes

Simulations

Seuil

Seuil fixé pour avoir 100 % de détection

↔ possibilité d'avoir des fausse-alarmes

Résultats

	Gold standard	Standard Seuil constant	Synchronisation a_1 erreur	
Détection d'embole (%)	100	100	100	100

Simulations

Seuil

Seuil fixé pour avoir 100 % de détection

↔ possibilité d'avoir des fausse-alarmes

Résultats

	Gold standard	Standard Seuil constant	Synchronisation a_1	erreur
Détection d'embole (%)	100	100	100	100
Taux de fausse alarme (%)	0	32.37	7.49	5.80

Simulations

Seuil

Seuil fixé pour avoir 100 % de détection

↔ possibilité d'avoir des fausse-alarmes

Résultats

	Gold standard	Standard Seuil constant	Synchronisation a_1 erreur	
Détection d'embole (%)	100	100	100	100
Taux de fausse alarme (%)	0	32.37	7.49	5.80

Signaux *in vitro*

Seuil

Seuil fixé pour avoir 0 % de fausse-alarmes

↔ possibilité de ne pas détecter tous les emboles

Signaux *in vitro*

Seuil

Seuil fixé pour avoir 0 % de fausse-alarmes

↔ possibilité de ne pas détecter tous les emboles

Résultats

	Gold standard	Standard Seuil constant	Synchronisation erreur
Taux de fausse alarme (%)	0	0	0

Signaux *in vitro*

Seuil

Seuil fixé pour avoir 0 % de fausse-alarmes

↔ possibilité de ne pas détecter tous les emboles

Résultats

	Gold standard	Standard Seuil constant	Synchronisation erreur
Taux de fausse alarme (%)	0	0	0
Détection d'embole (%)	100	67	100

Signaux *in vitro*

Seuil

Seuil fixé pour avoir 0 % de fausse-alarmes

↔ possibilité de ne pas détecter tous les emboles

Résultats

	Gold standard	Standard Seuil constant	Synchronisation erreur
Taux de fausse alarme (%)	0	0	0
Détection d'embole (%)	100	67	100

Conclusion

Conclusion & Perspective

Conclusion :

- Les plus gros emboles sont détectés
- Les plus petits emboles sont seulement détectés avec notre technique
- De nouveaux micro-emboles indétectables par le Gold standard sont désormais détectés

Perspectives :

- Définition d'un nouveau Gold standard
- Implémentation temps-réels

Conclusion & Perspective

Conclusion :

- Les plus gros emboles sont détectés
- Les plus petits emboles sont seulement détectés avec notre technique
- De nouveaux micro-emboles indétectables par le Gold standard sont désormais détectés

Perspectives :

- Définition d'un nouveau Gold standard
- Implémentation temps-réels

Conclusion & Perspective

Conclusion :

- Les plus gros emboles sont détectés
- Les plus petits emboles sont seulement détectés avec notre technique
- De nouveaux micro-emboles indétectables par le Gold standard sont désormais détectés

Perspectives :

- Définition d'un nouveau Gold standard
- Implémentation temps-réels

Conclusion & Perspective

Conclusion :

- Les plus gros emboles sont détectés
- Les plus petits emboles sont seulement détectés avec notre technique
- De nouveaux micro-emboles indétectables par le Gold standard sont désormais détectés

Perspectives :

- Définition d'un nouveau Gold standard
- Implémentation temps-réels

Conclusion & Perspective

Conclusion :

- Les plus gros emboles sont détectés
- Les plus petits emboles sont seulement détectés avec notre technique
- De nouveaux micro-emboles indétectables par le Gold standard sont désormais détectés

Perspectives :

- Définition d'un nouveau Gold standard
- Implémentation temps-réels

MERCI DE VOTRE ATTENTION

sebastien.menigot@etu.univ-tours.fr
jean-marc.girault@univ-tours.fr