

Suivi automatique des frayères d'aloses – 5 ans d'expérimentations acoustiques

Daniel Diep
Ecole des Mines d'Alès



Les frayères d'aloses

- Depuis 1993, MRM a engagé des études de repérage et de suivi des frayères d'aloses sur le Rhône et ses affluents
- L'objectif est d'évaluer l'efficacité des aménagements (éclusées, passes à poissons), et de mieux connaître la population d'aloses et ses comportements.



Le comptage des aloses



Le suivi consiste à compter le nombre d'actes de reproduction (« bulls »), soit visuellement, soit à l'oreille.

Objectif : comptage automatique

- Depuis 2004, l'Ecole des Mines d'Alès, l'association DIVULCO et GECO Ingénierie étudient un dispositif de comptage automatique.
- Le principe est de traiter les signaux acoustiques et d'identifier les bulls.

Comptage manuel vs. automatique

Comptage manuel

- Importants moyens en personnel
- Travail nocturne
- Couverture limitée de la période de reproduction
- Couverture limitée de la plage horaire
- Fiabilité des mesures env. 50 %
- Rendement faible

Comptage automatique

- 1 station de comptage par site + 1 opérateur pour l'ensemble
- Mise en route programmée
- Installation sur toute la durée de la période de reproduction
- Couverture complète de la plage horaire
- Fiabilité des mesures env. 90 %
- Rendement maximal

Capteurs sonores - contraintes

De nombreuses contraintes affectent le choix des capteurs :

- Contraintes techniques : fonctionnement en extérieur, grande couverture spatiale, alimentation autonome
- Contraintes de terrain : accès au site, configuration, installation
- Contraintes d'exploitation : lieux de passage, sécurité du matériel

Solutions envisagées

- Performances techniques :
 - amplification par réflecteur parabolique
 - transmission sans fil
- Matériel « discret » :
 - microphone miniature
 - hydrophone



Réflecteurs paraboliques

- Microphone Telinga Pro (58 cm)
- Microphone Conrad XF 18D (30 cm)
- Microphone Sony ECM PB1C (17 cm)



Hydrophones

- Aquarian H2
- Sensor Technology SQ26
- DPA 8011



Hydrophones

Avantages

- Dissimulés dans l'eau
- Distances aux cibles réduites

Inconvénients

- Portée faible (≈ 2 à 3 m)
- Bruit de mesure important
- Installation délicate
- Influence des conditions de mesure (vitesse, débit, hauteur d'eau)
- prix élevé

Comparaison

| Date | Nombre de Bulls notés par l'observateur | Nombre de Bulls reconnus sur le microphone | Nombre de Bulls reconnus sur l'hydrophone |
|-------------|---|--|---|
| 23 mai 2007 | 120 | 108 (90%) | 88 (73%) |
| 24 mai 2007 | 170 | 122 (71%) | 31 (18%) |
| 28 mai 2007 | 30 | 19 (63%) | 7 (23%) |
| 29 mai 2007 | 34 | 19 (55%) | 10 (29%) |

Matériel retenu

- Microphone à réflecteur parabolique SONY ECM PB1C
- Diamètre : 17 cm
- Atténuation : 6 dB à 10 m
- Directivité (6 dB) : env. 100°



Matériel retenu (suite)

Le matériel Sony n'est plus fabriqué depuis 2004

Produit de remplacement :

- Parabole réalisée en polyéthylène
- Microphone Olympus ME52W

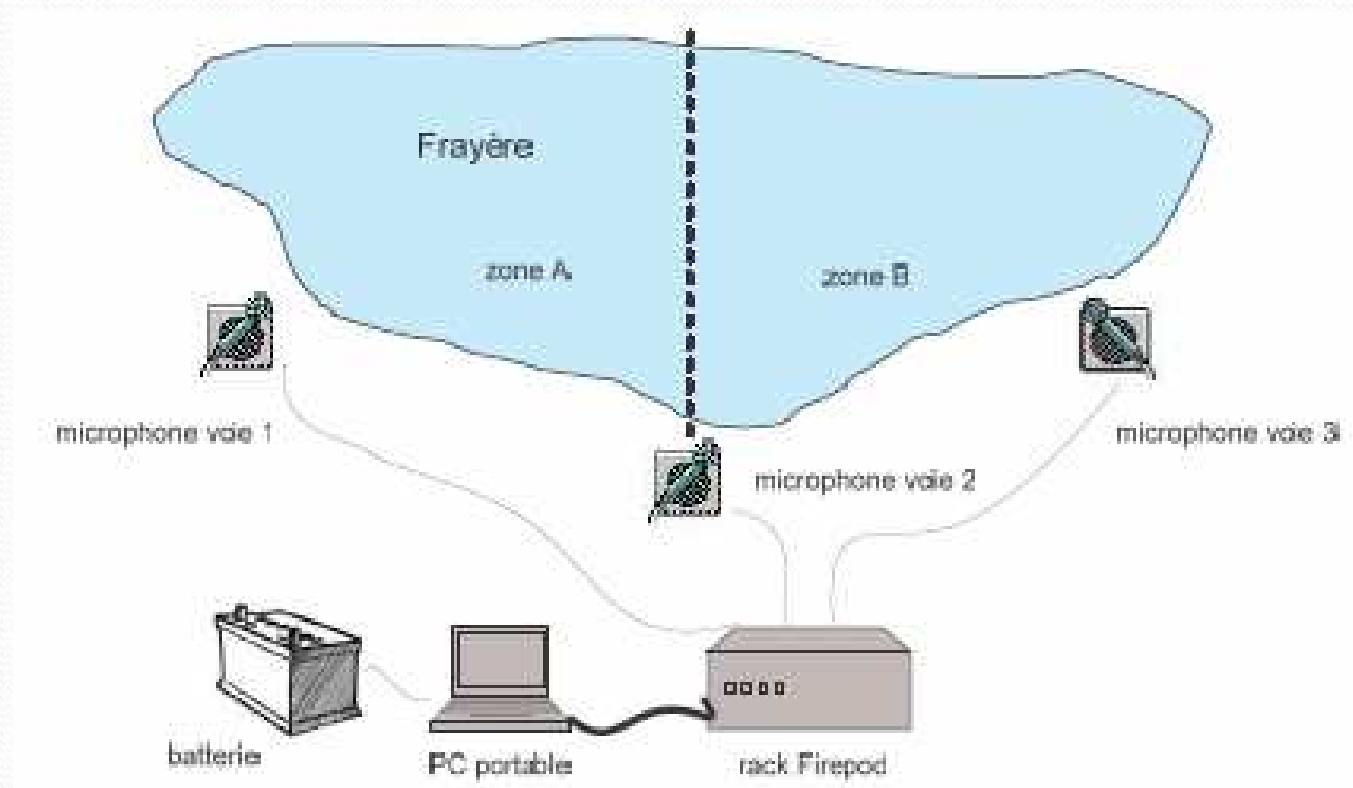


Analyse et traitement des signaux

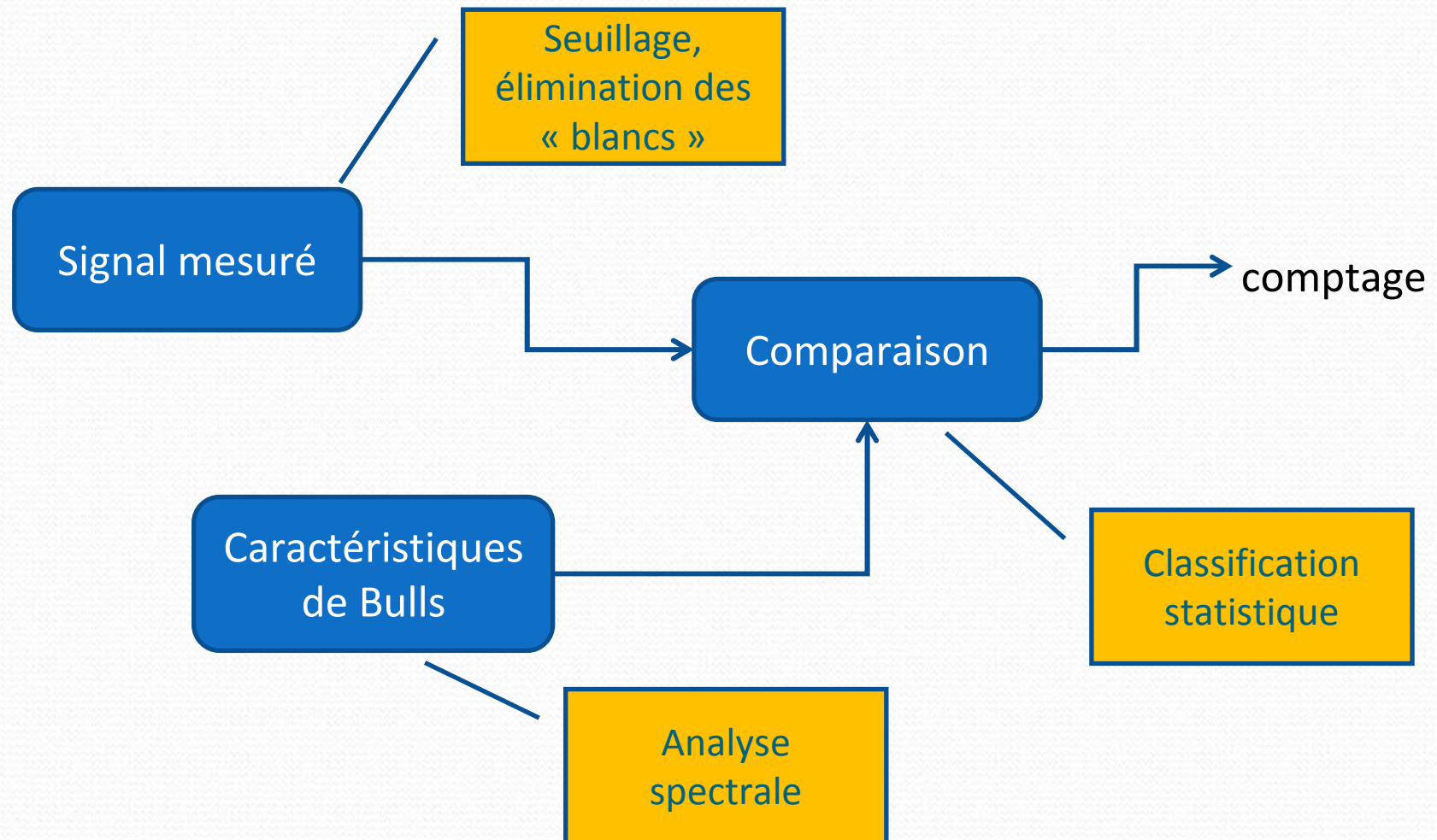
- Recueil des données
- Méthode de reconnaissance automatique
- Mode semi-automatique
- Traitement multi-voies

Recueil de données

- Frayère de l'Ardoise, sur la Cèze, mai 2005 et mai 2006
- Equipement : PC portable, rack audio, microphones, batterie



Reconnaissance automatique

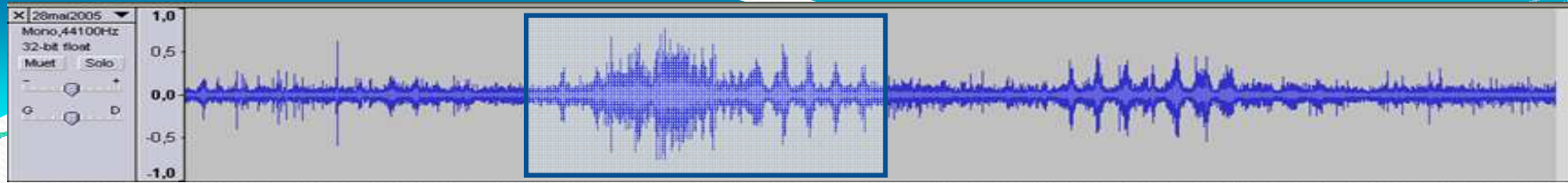


Caractérisation des Bulls

- La forme du signal acoustique au cours du temps ne permet pas à elle seule de caractériser un bull.

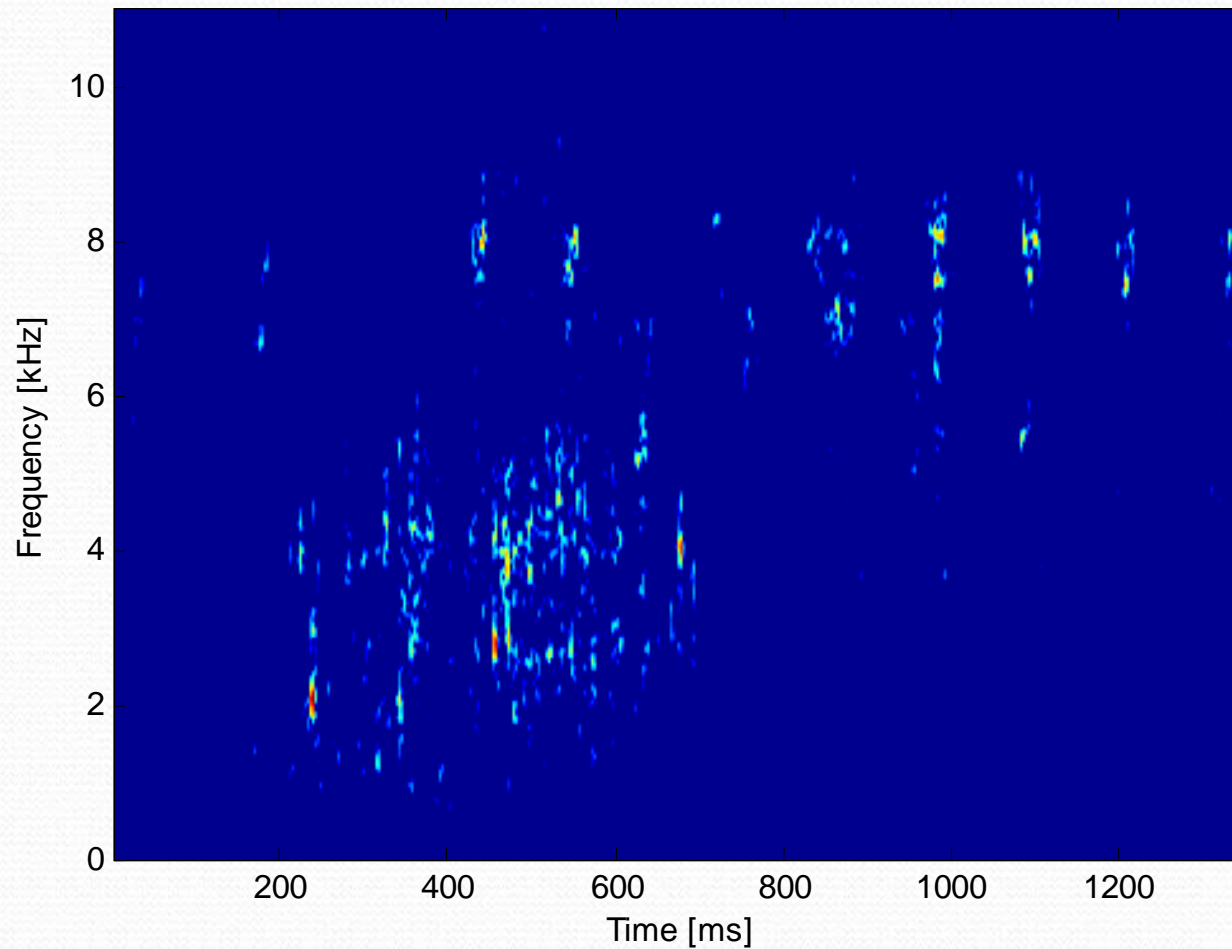


- Il est nécessaire d'introduire une représentation en fréquence



Représentation temps-fréquence

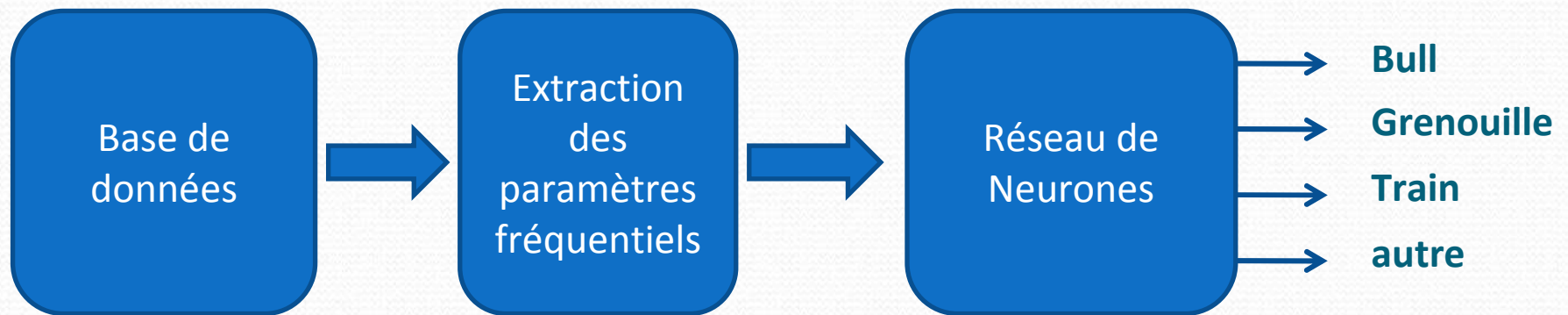
SP, Lh=127, Nf=512, log. scale, imagesc, Threshold=3%



Caractéristiques spectrales

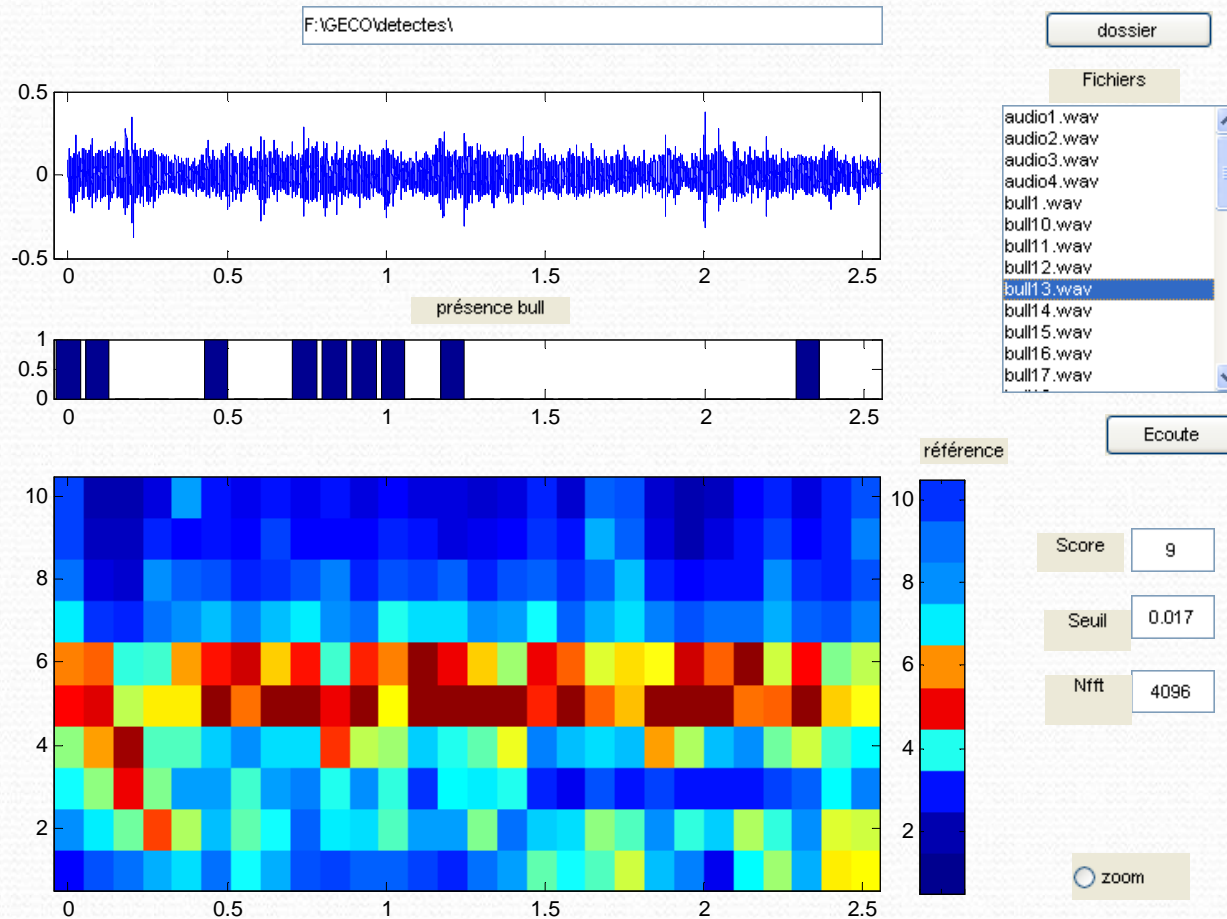
- Les Bulls sont caractérisés par des « amas » dans une bande spectrale assez large : 0 à 5000 Hz
- Pour un algorithme simplifié, on utilisera une transformation de Fourier à court terme (9 ms) pour obtenir des valeurs dans 10 bandes de fréquence.

Classification par Réseau de Neurones



Implémentation

Analyse spectrale à court terme



Résultats

| | | Estimés | |
|-------|-----------|---------|-----------|
| | | Bulls | Non Bulls |
| Réels | Bulls | 54 | 6 |
| | Non Bulls | 10 | 32 |

Erreurs : 10% (Bulls manqués)

Fausse détections : 15% (Bulls comptés à tort)

Les résultats dépendent fortement de la qualité des signaux et des conditions d'enregistrement

Mode semi-automatique

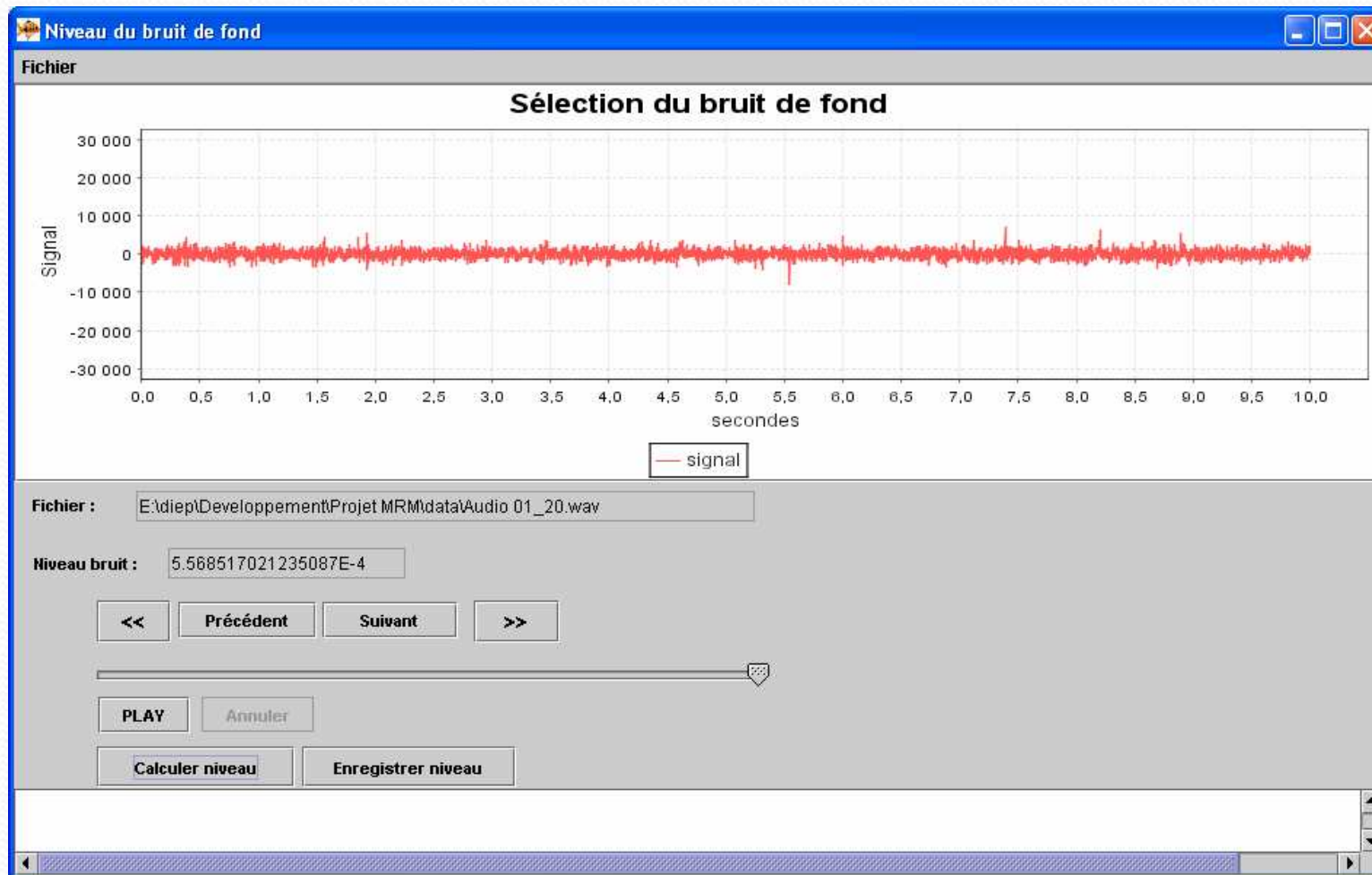
- On souhaite minimiser le nombre d'erreurs commises (bulls non détectés, ou « vrais-négatifs »), au détriment des fausses détections (« faux-positifs »).
- Dans ce mode, le logiciel de traitement relève dans les données tous les bulls possibles.
- La liste est ensuite soumise à l'opérateur pour validation.
- L'intérêt est de décharger l'opérateur des tâches fastidieuses (sélection, tri des plages d'intérêt) et de contrôler les données (stockage-archivage des données non traitées)

Bullomètre : logiciel d'aide au dépouillement

- Logiciel sur PC fonctionnement hors-ligne, à partir de données enregistrées
- 4 fonctions principales :
 - Evaluation du niveau de bruit
 - Seuillage
 - Détection des bulls
 - Mise en correspondance m



Evaluation du niveau de bruit



Seuillage

Seuillage

Fichier

Fichier E:\diep\Developpement\Projet MRM\data\Audio 01_20.wav

Seuil 0.0011137034042470173

Nombre de plages 42

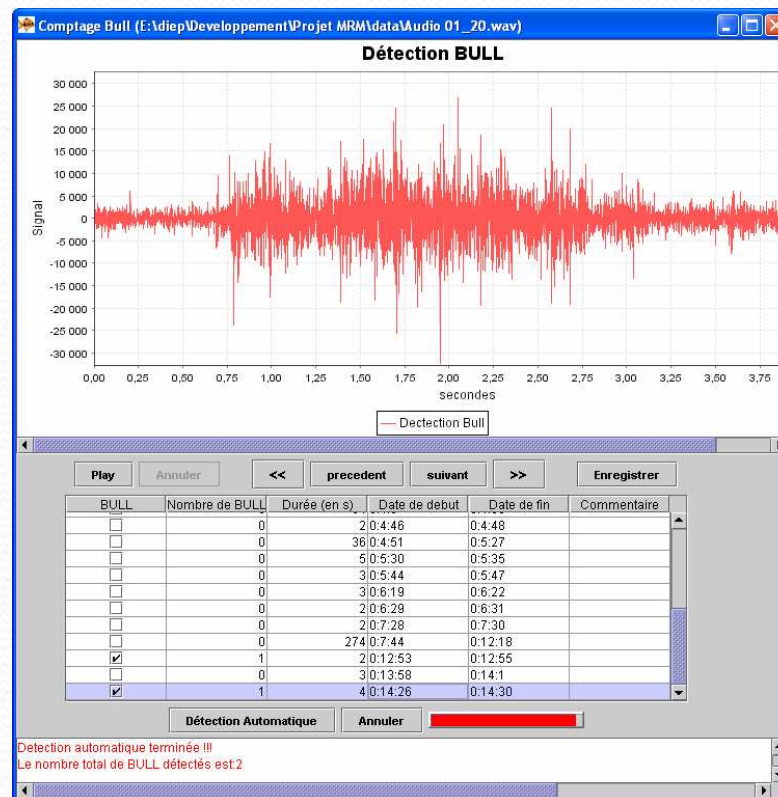
Seuil X 2

Progression

Demarrer Seuillage Quitter Annuler

Seuillage terminé...

Détection de Bulls



Mise en correspondance multi voies

- Dans le cas de frayères étendues, la portée des capteurs est insuffisante.
- Une solution est de disposer plusieurs capteurs pour couvrir l'ensemble de la zone
- Le logiciel met en correspondance les bulls communs aux différentes voies.

Conclusion

- La reconnaissance entièrement automatique est un problème difficile : environnement non maîtrisé, techniques de mise en oeuvre délicates.
- Des travaux sont en cours pour améliorer les résultats
- La version semi-automatique est opérationnelle
- Les techniques sont adaptables pour une version temps réel, transférable sur un équipement de terrain

Spécification d'un matériel de terrain

- **Quel matériel ?**

- Informatique : base PC portable
- Electronique : système dédié à micro-processeur
- Matériel audio grand public : enregistreur MP3, PDA, Smartphone
- Matériel audio professionnel : Marrantz, Nagra, ...

- **Pour quel usage ?**

- Installation fixe / station de comptage permanent
- Matériel mobile et apparent
- Matériel « invisible »

- **Avec quelle infrastructure ?**

- Accès route, piétons
- Energie
- Réseaux (WiFi, GSM,...)

Spécifications

Spécifications de base

- Matériel portable, suspendu en hauteur (arbre, mât, câble)
- Autonomie (énergie et mémoire) > 1 semaine
- 1 ou 2 voies micro en liaison filaire
- Mise en route et arrêt à heures fixes

Options

- Autonomie augmentée : batteries, panneaux solaires
- Plusieurs enregistreurs sur un même site
- Utilisation des réseaux pour la maintenance ou la récupération des données : WiFi, GSM/GPRS

Choix du matériel

| | Avantages | Inconvénients |
|------------------------------|---|---|
| PC portable | <ul style="list-style-type: none">• Fonctions disponibles• Outils de programmation | <ul style="list-style-type: none">• Encombrement• Utilisation en extérieur difficile |
| Système dédié | <ul style="list-style-type: none">• Matériel adapté• Maîtrise des composants | <ul style="list-style-type: none">• Coût et durée du développement |
| Matériel audio professionnel | <ul style="list-style-type: none">• Qualité des enregistrements | <ul style="list-style-type: none">• Fonctionnalités non extensibles |
| Matériel audio grand public | <ul style="list-style-type: none">• Intégration poussée• Faible coût du matériel• Fonctionnalités très étendues | <ul style="list-style-type: none">• Environnement logiciel mal connu• Evolution et obsolescence rapide |

Version 1 : PDA + Interface audio

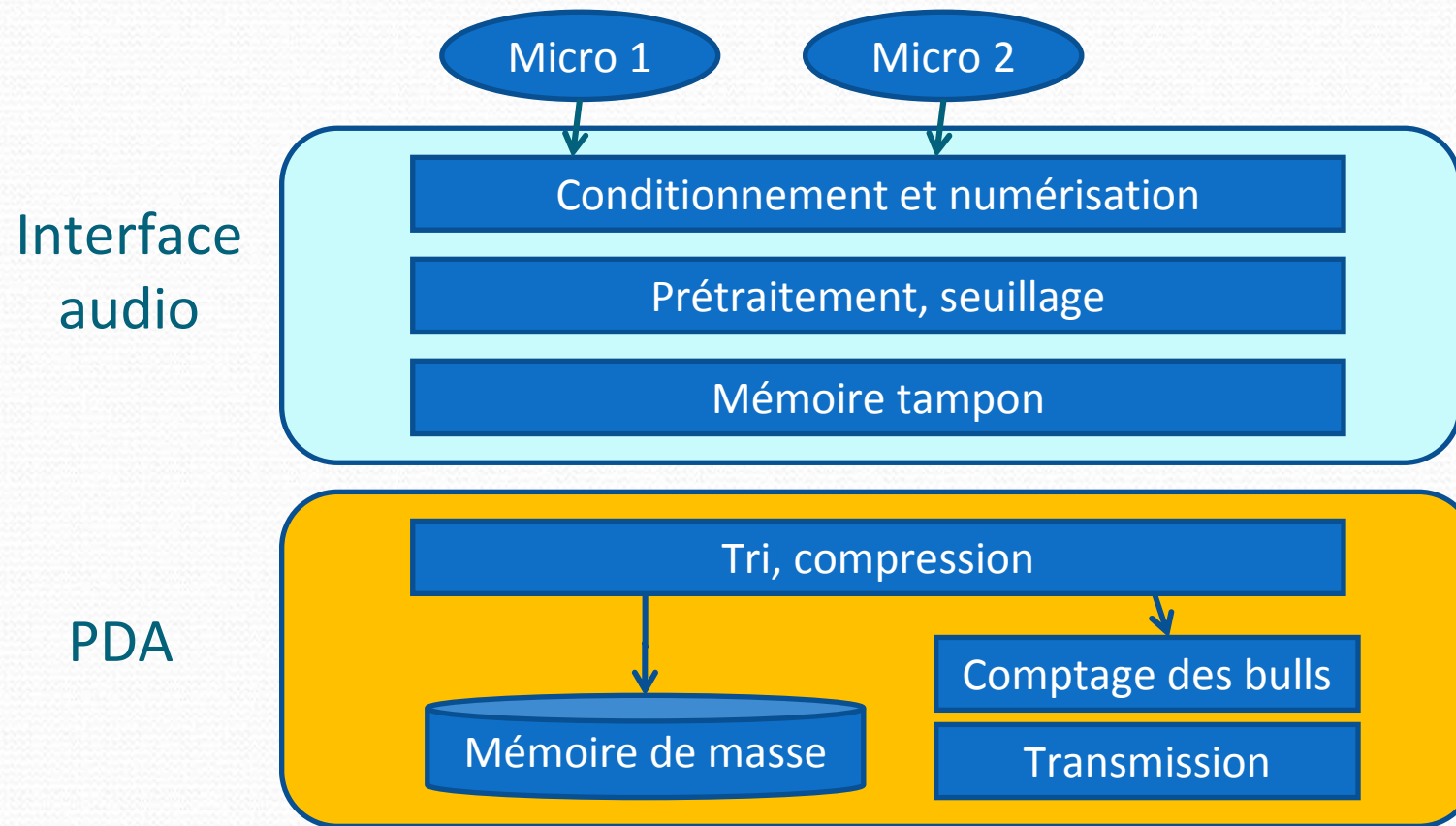
Base PDA (Assistant Personnel Digital)

- Operating System : Windows Mobile 5
- Traitement des données
- Archivage sur carte mémoire (4 Go)

Interface audio

- Conditionnement des entrées audio
- Conversion audio numérique
- Pré-traitement : seuillage et élimination des blancs

Version 1 : PDA + Interface audio



Version 1 : PDA + Interface audio

- PDA ACER N311



- ATMEL AT90USBKey



Version 1 : PDA + Interface audio

- Configuration testée sur le terrain
- Logiciels développés : « enregistreur », « lanceur », « au quotidien »
- Batterie externe 6V, 12AH

Difficultés

- Conditionnement et qualité des enregistrements
- Développement sous Windows Mobile mal documenté

Perspectives

- Poursuite des travaux sur le traitement des données : traitement en ligne, traitement différé
- Finalisation de l'enregistreur et résolution des « bugs »
- Implantation et évaluation d'un équipement sur le terrain

Version 2 : SmartPhone

- Fonctionnalité du PDA incluse
- Intégration des fonctions audio
- Intérêt des fonctions de téléphonie (déclenchement, compte-rendu à distance)



Samsung i200

Merci de votre attention

Ecole des Mines d'Alès

Daniel Diep

daniel.diep@mines-ales.fr

Isabelle Marc

isabelle.marc@mines-ales.fr

Alexandre Meimouni

alexandre.meimouni@mines-ales.fr

DIVULCO

Hervé Nonon

herve.nonon@divulco.org

GECO Ingénierie

Frédéric Roure

geco.ingenierie@wanadoo.fr