

1. Introduction

- Au Québec en 2013: 14000 personnes travaillaient dans des activités d'extraction minière^[1].
- Les milieux confinés représentent des **dangers importants** pour la santé et la sécurité des travailleurs^[2]: pollution de l'air, éclairage faible, exigüité, humidité, température.



2. Problématique

DEMARCHE GLOBALE

- Développer un bouchon d'oreille numérique «intelligent» et **multifonction**, qui permet aux travailleurs de **communiquer** dans des milieux très bruyants et d'être **protégés** du bruit tout en laissant passer les signaux utiles (alarmes, paroles). Ce bouchon numérique doit également pouvoir:

Alerter les secours suite à un malaise ou un accident subi par le porteur.

Besoin d'effectuer la surveillance des biosignaux: battements cardiaques et respiration.

Mesurer les biosignaux à l'aide du microphone interne déjà employé pour communiquer (Figure 1).

DANS LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE

- Très grande diversité de méthodes d'analyse et d'algorithmes de détection à partir de mesures par un microphone placé sur le torse ou la trachée, donc **très exposé au bruit** ambiant.
- Résultats de type « clinique » et loin de la réalité du terrain:
 - Protocoles expérimentaux **très contrôlés** et signaux enregistrés **non-représentatifs** (respiration très faible).
 - Résultats des algorithmes parfois **mal validés**.

Il n'existe pas de base de données d'enregistrements audio dans le **conduit auditif occlus** (isolé acoustiquement de l'extérieur), par conséquent:

- Pas de caractérisation des signaux mesurés à cet emplacement.
- Pas d'algorithmes spécifiquement développés.

3. Objectifs

- Créer une **base de données réaliste** de signaux acoustiques mesurés dans le conduit auditif avec **plusieurs intensités et rythmes de respiration**.
- **Caractériser** les signaux physiologiques enregistrés dans le conduit auditif
- Développer des **algorithmes** pour extraire le **rythme cardiaque** (Figure 3.a) et le **rythme respiratoire** (Figure 3.b) de l'utilisateur à partir de signaux mesurés dans le conduit auditif occlus.
- Valider ces algorithmes en conditions silencieuses et en présence de bruits industriels.

4. Méthodologie

- Les **biosignaux** (Figures 2.a et 2.b) sont mesurés à l'aide du **microphone interne** placé dans le protecteur auditif (Figure 1).

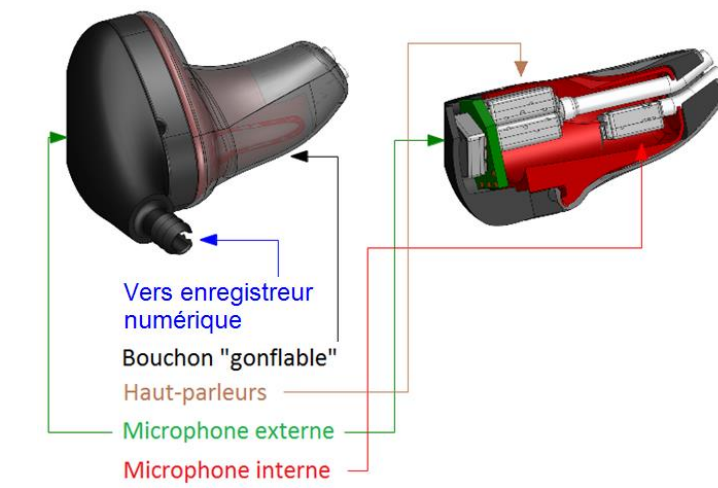


Figure 1: Bouchon instrumenté^[3].

- Pour avoir des **signaux représentatifs**: les sujets respirent à différents rythmes et intensités, par la bouche et le nez (respiration absente, normale, profonde, rapide, et après un léger effort).
- Utilisation d'un **système de référence** sans fil pour la détection des battements cardiaques et des cycles respiratoires: Zephyr BioHarness 3 et acquisition à l'aide de MuLES^[4].

5. Mesure des biosignaux

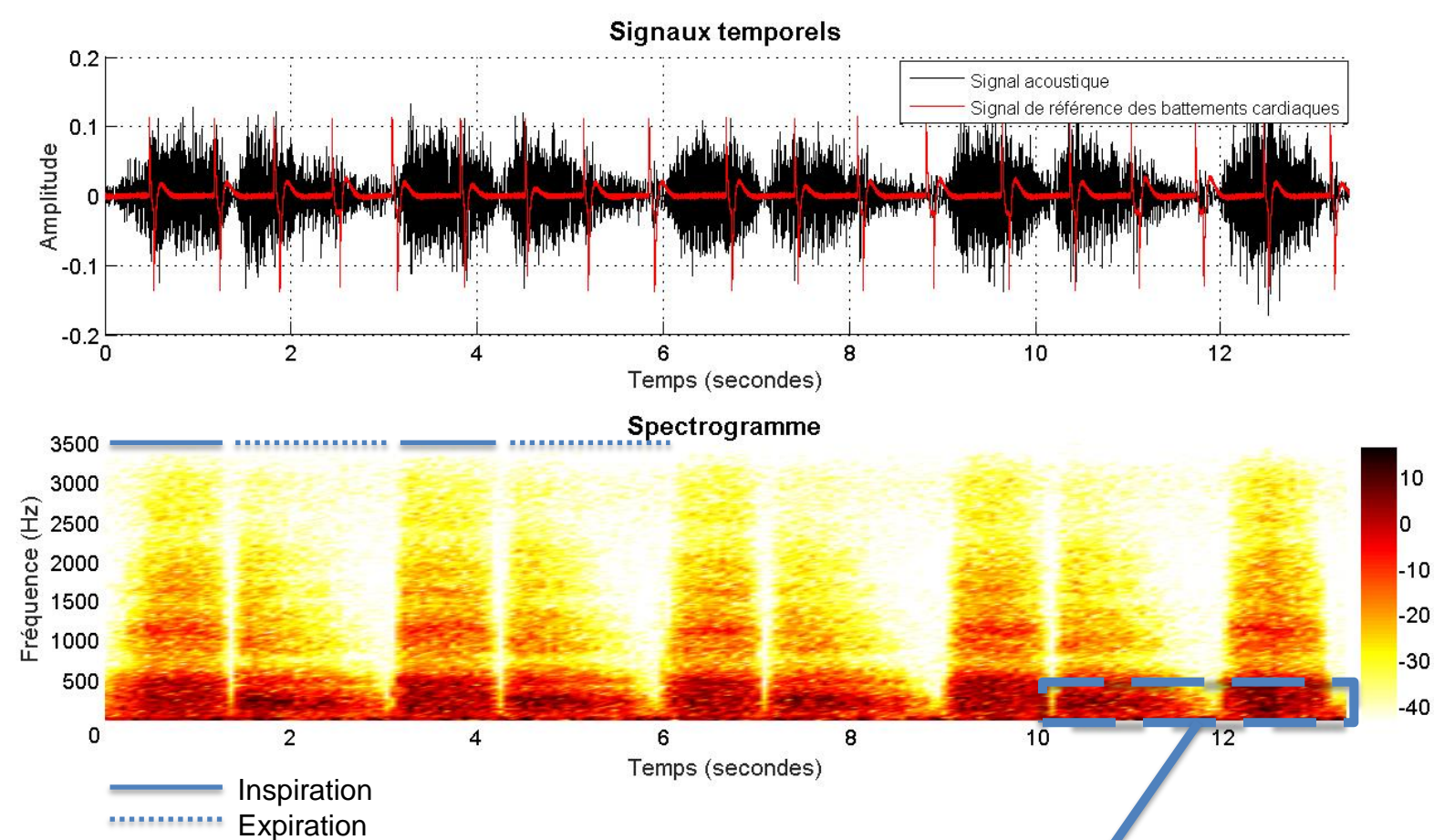


Figure 2.a: Mesure du microphone interne, respiration forte par le nez: cycles respiratoires visibles.

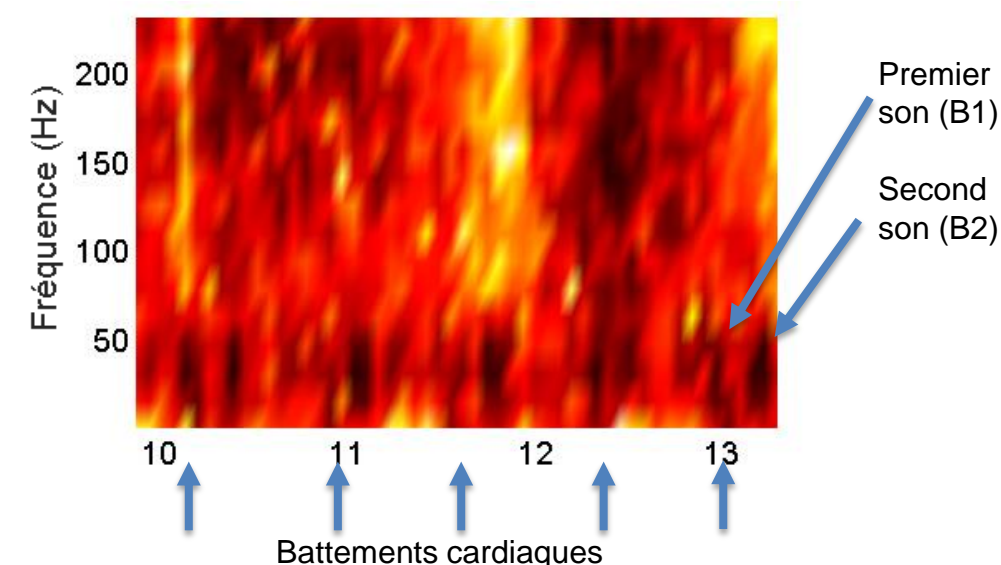


Figure 2.b: Agrandissement pour une identification visuelle des sons cardiaques.

6. Résultats

A. Caractérisation des biosignaux

- Battements cardiaques: 10 – 70 Hz, respiration: 10 – 2200 Hz
- Effet de **masquage** des battements cardiaques par la respiration quand elle est d'une intensité forte.
- Respiration noyée dans le bruit quand son intensité est normale.

B. Niveau sonore des biosignaux mesurés dans le conduit auditif occlus

- Grande variabilité selon les sujets et le type de respiration.
- Entre 45 dB_{SPL} et 65 dB_{SPL}

C. Algorithmes de détection

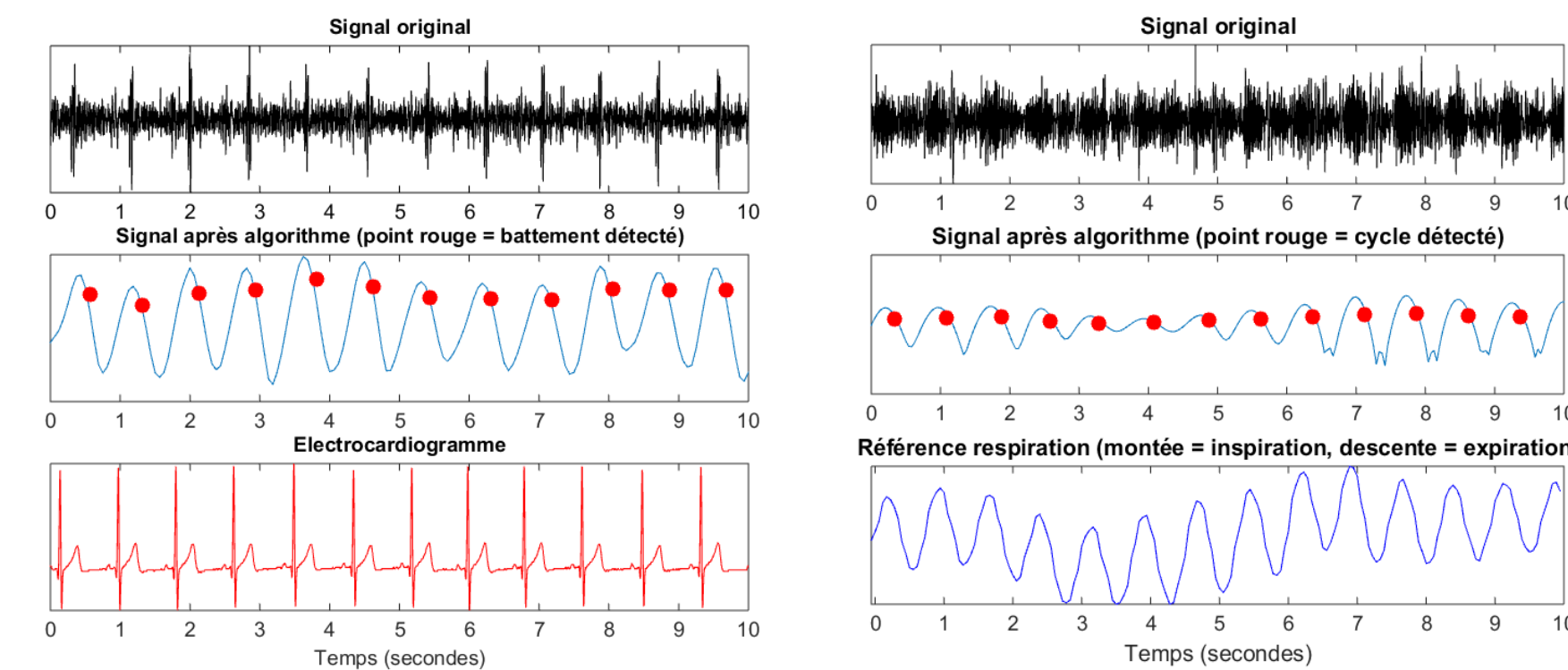


Figure 3.a: Algorithme de détection des **battements cardiaques** avec une respiration normale et comparaison avec la référence.

Figure 3.b: Algorithme de détection de la **respiration** avec une respiration rapide et forte, et comparaison avec la référence.

D. Performance des algorithmes selon l'intensité de la respiration

			Performance de la détection	
			Battement cardiaque	Respiration
Intensité de la respiration	Respiration normale		Bonne à très bonne	Moyenne
	Respiration forte		Moyenne	Bonne à très bonne

7. Travaux futurs

- Déterminer l'applicabilité théorique du système en fonction du milieu de travail par ajout au signal enregistré de bruits industriels.
- Améliorer les algorithmes d'extraction avec des méthodes plus avancées.
- Incorporer ces algorithmes dans le bouchon numérique « intelligent » pour une validation sur le terrain.

8. Références

- [1] « MERN - Statistiques minières - Main - d'oeuvre ». En ligne . < <https://www.mern.gouv.qc.ca/mines/statistiques/maindoeuvre.jsp> . Consulté le 21 avril 2015
- [2] 2014. « Dossiers CHSCT : La prévention des risques des travaux en milieu confiné ». En ligne . < http://www.official-prevention.com/protections-collectives-organisationergonomie/ventilation-aeration-filtrage-et-appareils-de-controlatmosphere/detail_dossier_CHSCT.php?rub=38&ssrub=70&dossier=502 . Consulté le 21 avril 2015.
- [3] Voix, Jeremie, Jean-Nicholas Laperle, Jakub Mazur et Antoine Bernier. 2012. Advanced Communication Earpiece Device and Method. WO2012071650 (A1). 7 juin 2012.
- [4] Cassani, Raymundo, Hubert Banville et Tiago H. Falk. 2015. « MuLES: An Open Source EEG Acquisition and Streaming Server for Quick and Simple Prototyping and Recording ». (2015), p. 9-12. ACM Press. <<http://doi.org/10.1145/2732158.2732193>>. Consulté le 15 janvier 2016.

