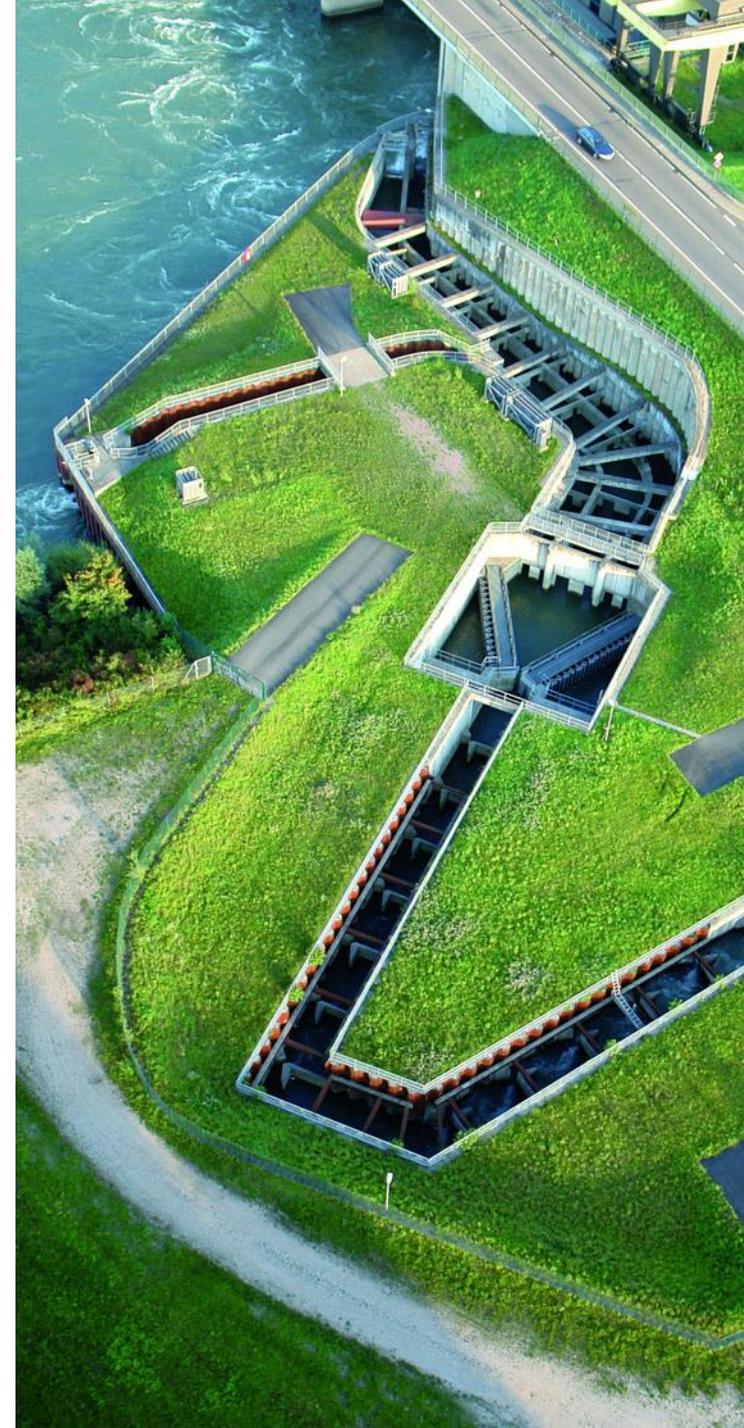




PRÉ-DIAGNOSTIC SONORE EN MILIEU INDUSTRIEL : DÉVELOPPEMENT D'UN « KIT SMARTPHONE »

ISABELLE SCHMICH-YAMANE, ALBERT ALARCON

JTAV – Juin 2021



CONTEXTE

- **Les mesures acoustiques dans un contexte opérationnel comme celui d'EDF nécessitent :**
 - Fiabilité, précision et robustesse des mesures → sonomètres classe 1
 - **Réactivité** → difficile de déplacer une équipe d'expertise pour chaque besoin ponctuel
- **Démocratisation des smartphones et tablettes aussi bien dans le cadre personnel que professionnel:**
 - Depuis quelques années, les smartphones et les tablettes sont **dotés de capteurs** de vibrations et de sons en interne ou en externe (e.g. port USB/ mini-jack) et, grâce aux capacités de calcul embarquées, sont associés à des applications
 - Embarquent des briques d'une chaîne d'acquisition et de traitement du signal
- **QUESTIONS concernant la possibilité d'utiliser des smartphones pour des mesures acoustiques en milieu industriel:**
 - Quelle **fiabilité, précision et robustesse** ?
 - Quelles **opportunités** et pour quel cas d'utilisation?
 - Quels **risques** ?

OBJECTIFS

- **Étudier les possibilités offertes par des**
 - Capteurs (internes / externes)
 - Applications disponibles (avantages / inconvénients)
- **Caractériser la chaîne de mesure de certaines solutions identifiées intégrant un smartphone**
- **Proposer une solution pour des besoins industriels nécessitant un pré-diagnostic rapide**

APPLICATION MOBILES



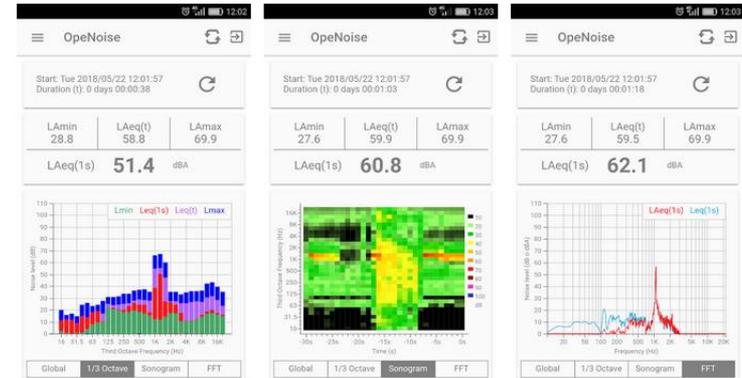
Critères : Payante / Indicateurs acoustique / calibration / Spectre / Langue / Enregistrement



NOISECAPTURE



OPENOISE



- Ifsttar / CNRS
- Cartographie bruit urbain
- LAeq / tiers octave / spectrogramme
- Calibrage
- Géolocalisation
- Export des résultats (format json) 1s

- ARPA Piemonte → Bruit enviro
- LAeq / tiers octave / spectrogramme / FFT
- Calibrage
- Géolocalisation
- Export des résultats (format txt)



Autres applis étudiées: Noise Meter, Sound Meter, Sound Meter App ...

MICROPHONES EXTERNES

MicW i436



- Prix ~ 90 € TTC
- Rép. fréq: 20-20000 Hz (calibrée)
- Sensibilité 6,3 mV / Pa à 1 kHz
- SPL max @ 1000Hz: 130 dB
- Omnidirectionnel

Dayton Audio IMM-6



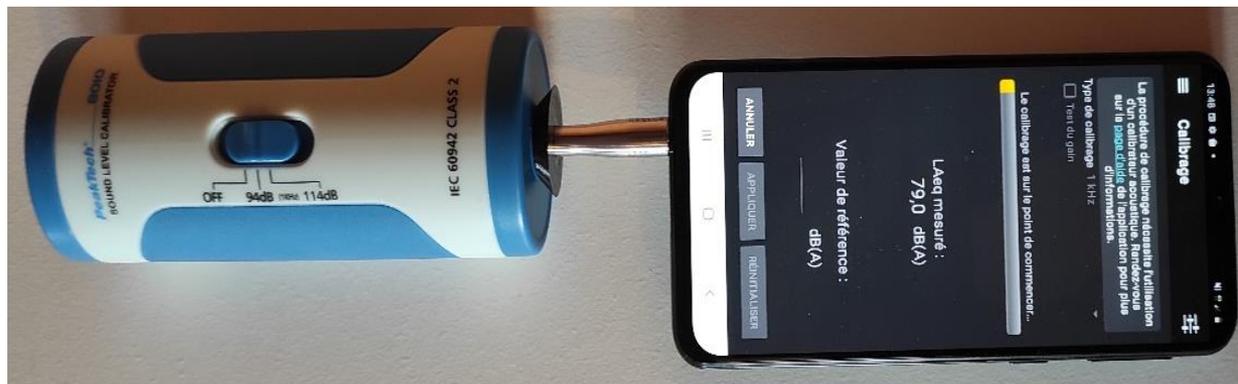
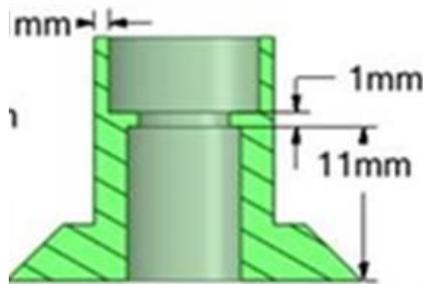
- Prix ~ 35 € TTC
- Rép. fréq: 18-20000 Hz (calibrée)
- Sensibilité 10 mV / Pa à 1 kHz
- SPL max @ 1000Hz: 127 dB
- Omnidirectionnel



CALIBREUR

- Prix ~ 125 € TTC
- Calibreur de Classe 2
- SPL : 94 dB ou 114 dB @ 1000Hz
- Nécessite un adaptateur pour ¼ pouce que nous imprimons en 3D

Peaktech 8010



TESTS

Mesures préliminaires en labo



Mesures en extérieur



Mesures en « salle acoustique »

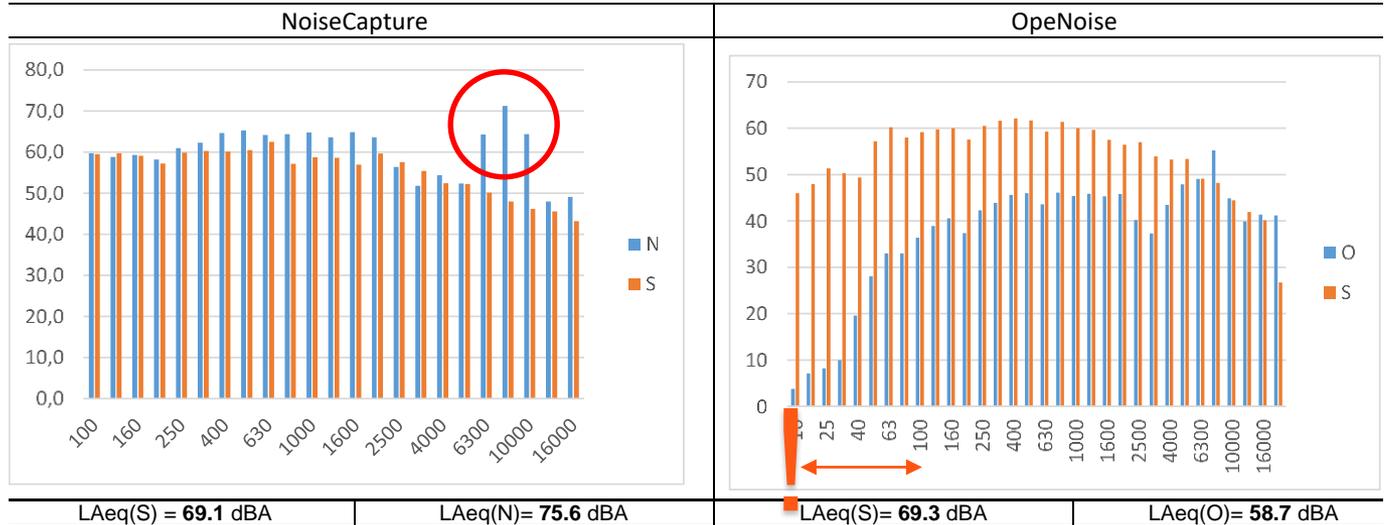


APERÇU DE QUELQUES RESULTATS

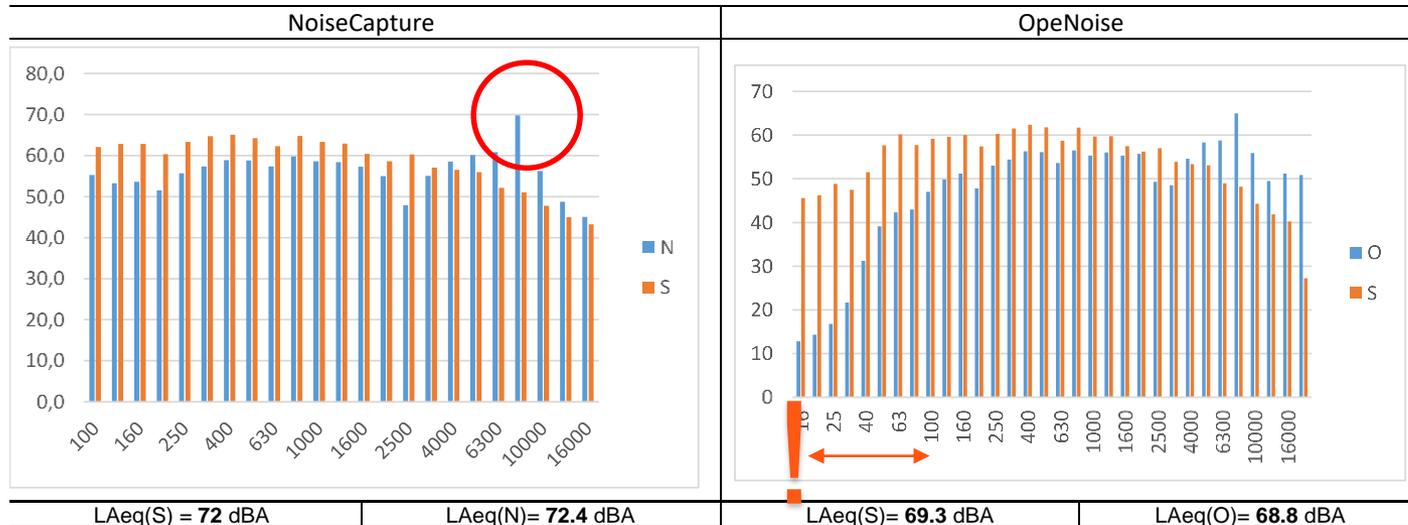
Mesures labo avec micro interne SAMSUNG GALXY A3 2016

N = NoiseCapture
O = Openoise
S = Sonomètre

Sans calibrage



Avec calibrage

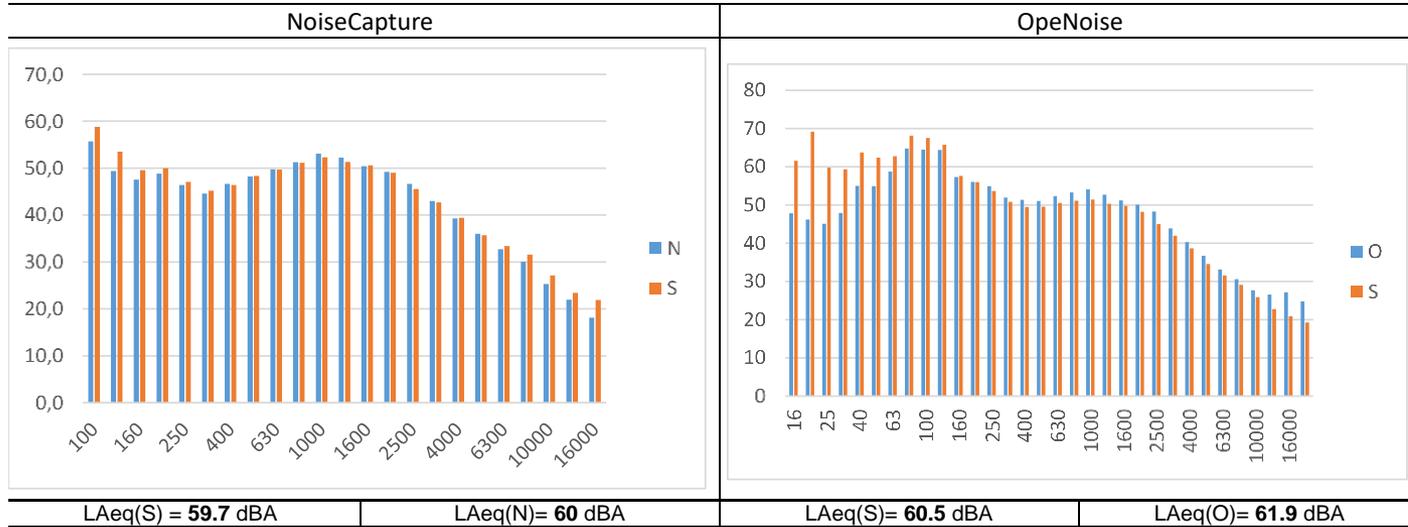


Validité plage de fréquence > 100Hz + utilisation micro externe

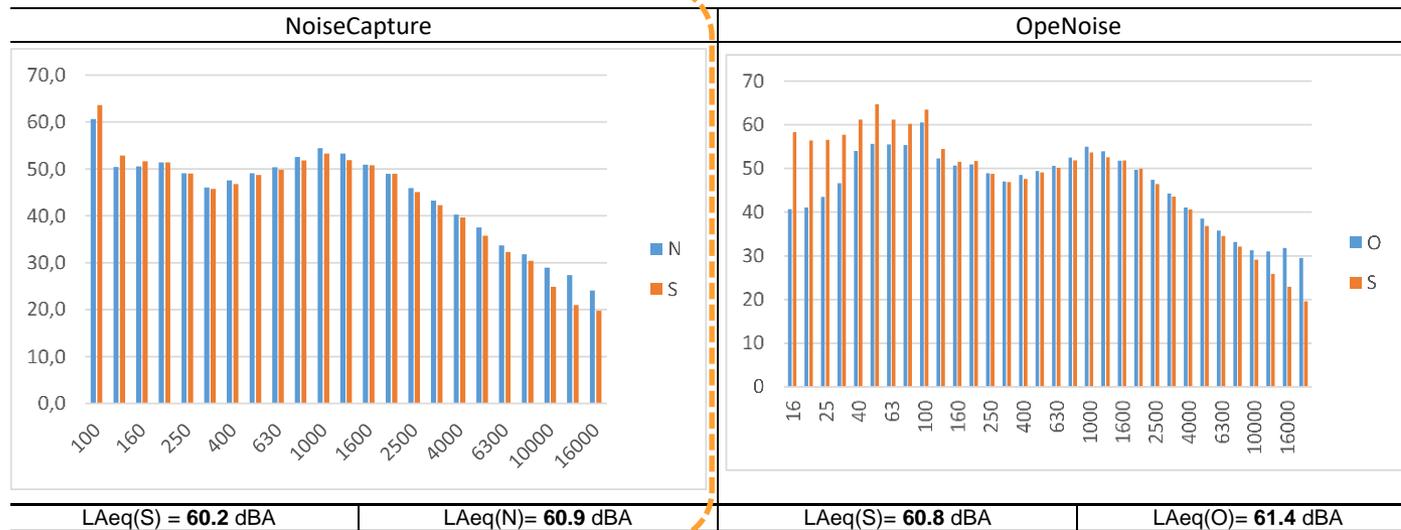
APERÇU DE QUELQUES RESULTATS

Mesures extérieur avec micros externes et calibrage

iMM-6



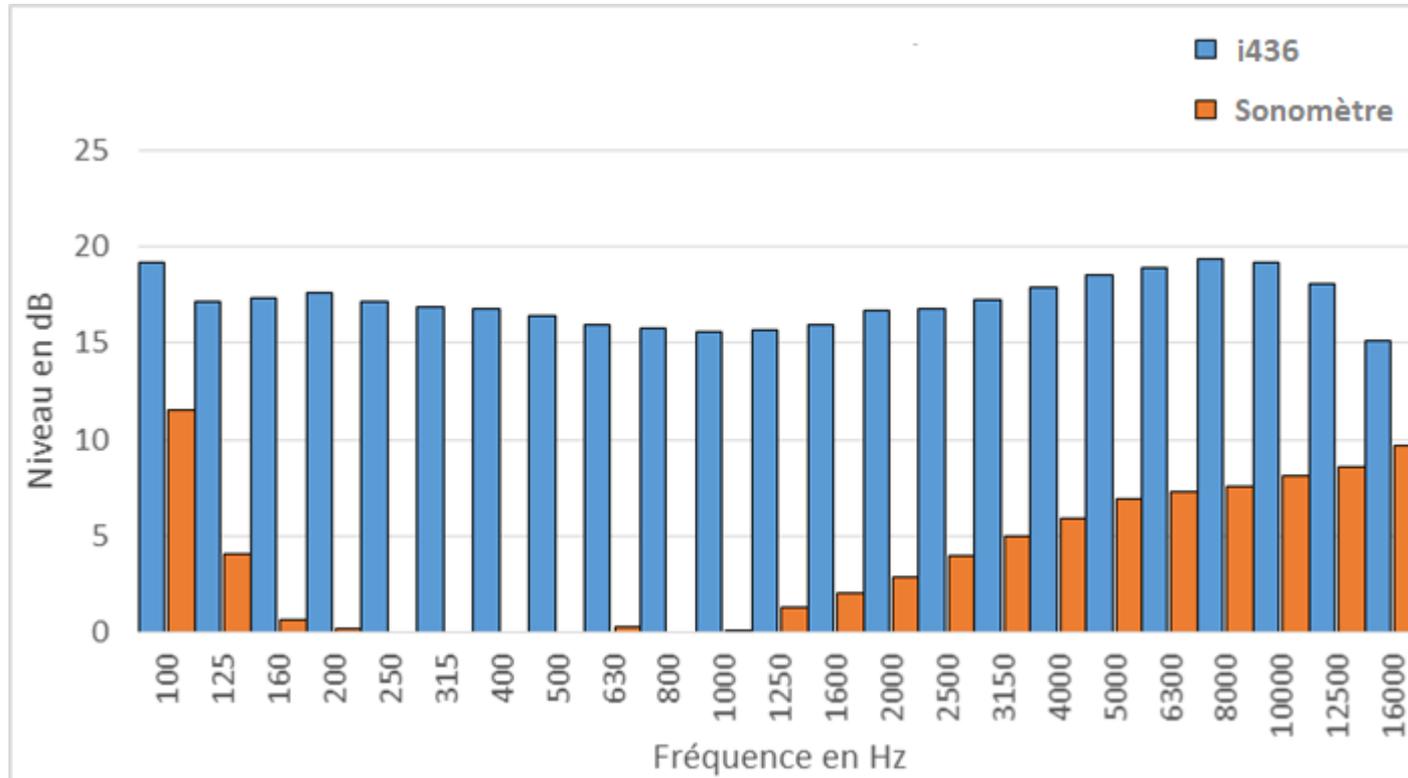
MicW i436



Recommandation: utilisation NoiseCapture avec MicW i436

APERÇU DE QUELQUES RESULTATS

Mesure de bruit de fond smartphone + micro i436 en « salle acoustique »

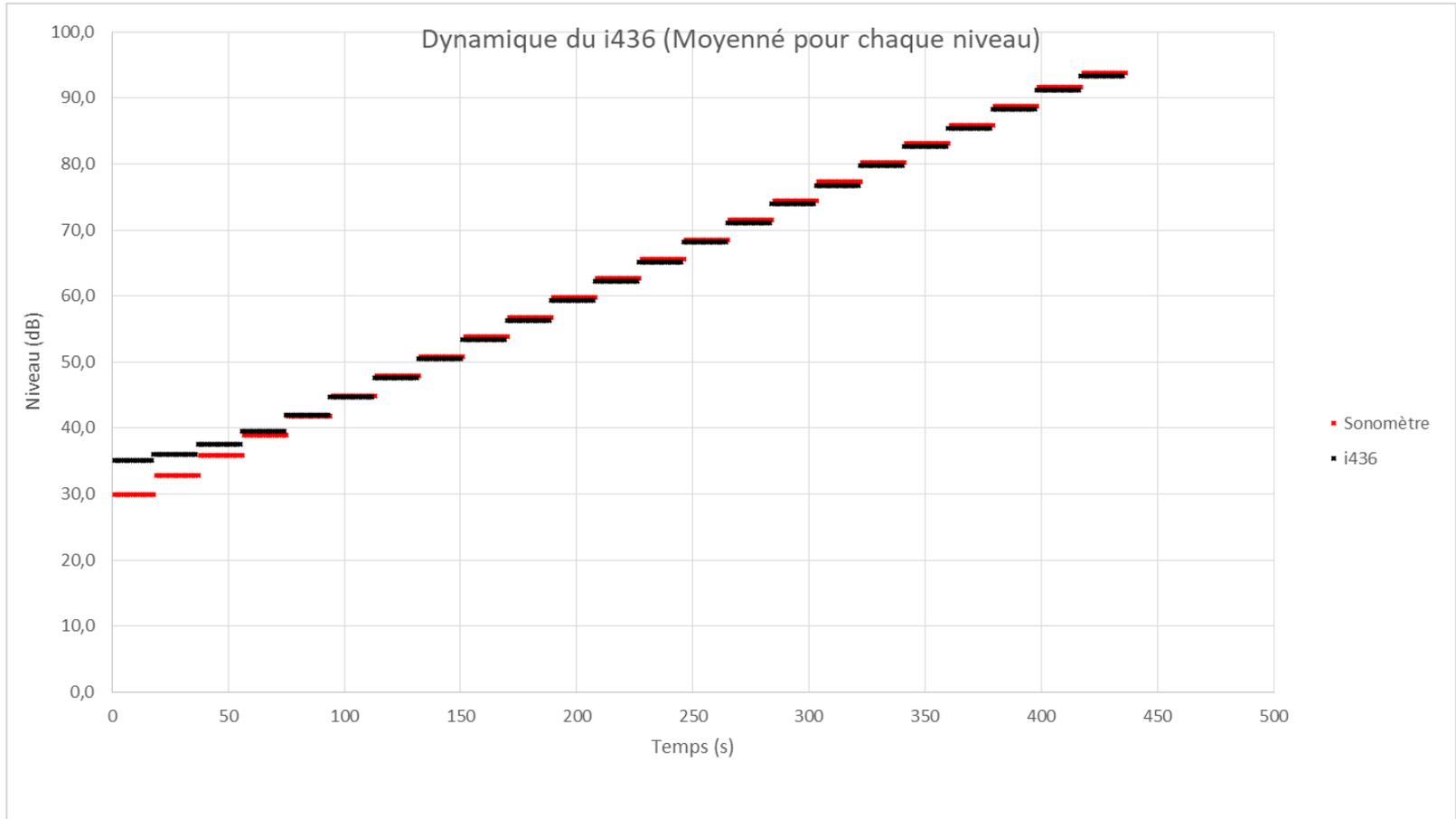


- Leq Sonomètre Blue Solo = 19 dB
- Leq smartphone HUAWEI P9 Lite + i436 = 35,4 dB

Recommandation: mesurage dans des milieux assez bruyants > 45dB(A)

APERÇU DE QUELQUES RESULTATS

Mesure de dynamique smartphone + micro i436 en « salle acoustique »



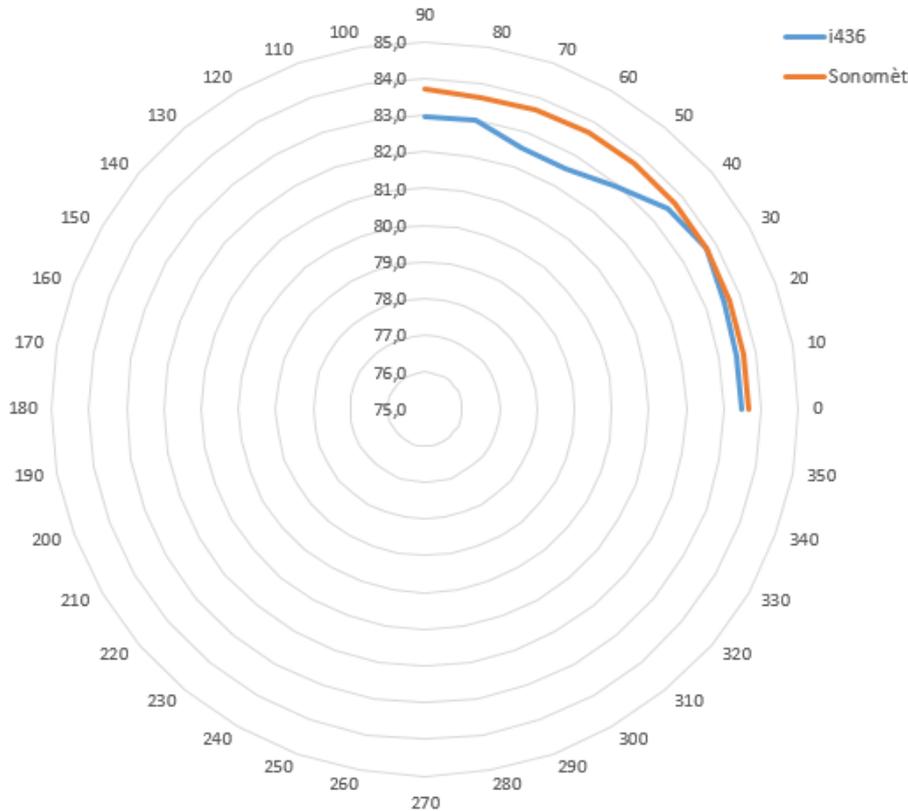
- Bruit rose de 30 à 95dB pas de 3dB . Durée 20 secondes
- Mesures correctes à partir de 42dB et sans saturation à 95dB
- Sauts de -2 à -3dB → Bug de NoiseCapture qui a été remonté et corrigé depuis

APERÇU DE QUELQUES RESULTATS

Mesure de directivité smartphone + micro i436 en « salle acoustique »

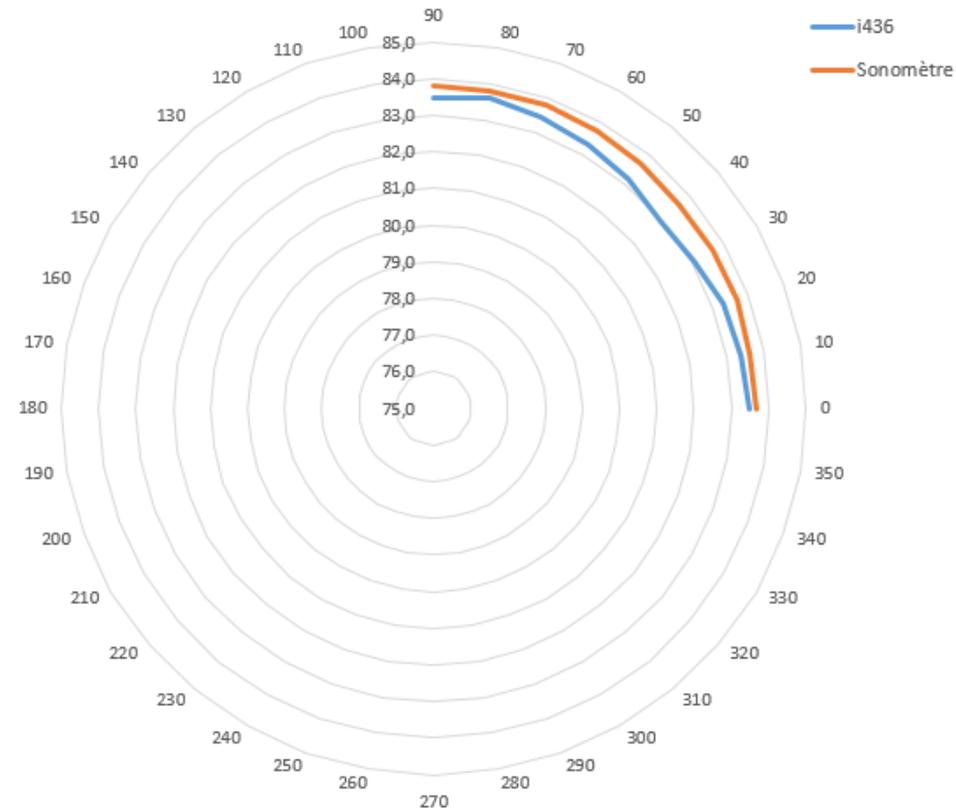
Vertical

Directivité i436 comparé au sonomètre (sur NoiseCapture)



Horizontal

Directivité i436 comparé au sonomètre (sur NoiseCapture)



- Mesure de bruit rose de 20s sur 90° (en vertical et horizontal) par pas 10°.
- Des écarts en global de l'ordre de 1dB selon l'angle (jusqu'à 4dB pour les micros intégrés) **Micro à peu près omnidirectionnel ok pour une pré-analyse**

COMPOSITION D'UN KIT SMARTPHONE POUR MESURE ACOUSTIQUE

KIT POUR MESURES ACOUSTIQUES AVEC



Microphone externe



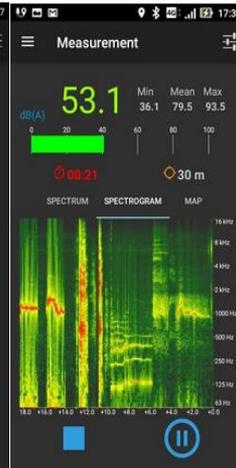
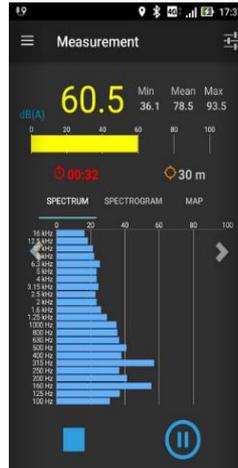
Bonnets
anti-vent



Calibreur



Application Open source



DOC U !

Démo

CONCLUSIONS

- **Importance cruciale du calibrage préalable à une mesure. OdG des biais max**
 - Sans micro externe
 - Sans calibrage ~ 15 dB(A) / 25 à 30 dB selon bande tiers d'octave
 - Avec Calibrage < 4-5 dB(A) / 12 à 15 dB selon bande tiers d'octave
 - Avec micro externe
 - Sans calibrage ~ 3 à 5 dB(A) / 8 à 9 dB selon bande tiers d'octave
 - Avec Calibrage < 1 dB(A) / 2 à 3 dB selon bande tiers d'octave
- **Smartphone + micro externe → très bon ratio qualité de mesure / coût**
 - Bons résultats en global et spectres assez fidèles pour des utilisations d'acoustique environnementale / comportement machine
 - Limites d'utilisation:
 - [100 - 16k] Hz
 - 45dB(A) < LA_{eq} < 95dB(A)
 - Mesure non réglementaire. Utilisation idéale pour une première expertise nécessitant réactivité
- **Micros externes à coûts très compétitifs avec d'assez bonnes caractéristiques**
 - Dynamique, directivité, réponse en fréquence
 - Attention au bruit de fond (en fréquence) → attention aux bruits résiduels en enviro !
 - Pas trop d'écart entre les 2 micros testés (vs. €) → mais quelle durée de vie / dérive du micro « low cost » ?

CONCLUSIONS (SUITE)

- **Application NoiseCapture**

- Très bonne application open source !
- Attention (quelque soit l'appli) à travailler en mode avion !
 - Ecart des mesures pouvant aller jusqu'à 20-30dB(A) à la réception de notifications, notamment si le smartphone est sur support
- Très intéressant de pouvoir récupérer les résultats (.geojson) pour une analyse ultérieure
- Quelques « features » qui nous manqueraient (discussion ouverte pour co-développer!)
 - Visualisation d'un spectre en bande fine de la totalité de la mesure
 - Possibilité d'enregistrer un fichier au format .wav paramétrisable → actuellement appli Parrot
 - Possibilité de renommer des fichiers d'export
 - Outil de post-processing des résultats d'export (aujourd'hui notebook jupyter en python)
 - Obligation de décocher l'option pour ne pas transmettre les données sur la plateforme

- **Reste à faire**

- Déploiement et utilisation par des utilisateurs non-acousticiens au sein d'EDF → Retour d'expérience à partager