
Capteurs/actionneurs & IA embarquée

Projet Biodiversité CERN

Aurélia CHABANIER, Sami EL KATEB



UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

MAI 2023

Table des matières

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Introduction | 2 |
| 2 | Matériels et Méthodes | 3 |
| 2.1 | Flux de travail | 3 |
| 2.2 | Jeu de données | 5 |
| 2.3 | Description du CNN | 6 |
| 2.4 | Architecture du traitement de données par le capteur | 6 |
| 3 | Résultats | 8 |
| 4 | Discussion | 9 |

1 — Introduction

Le domaine du CERN est un terrain riche en matière de biodiversité et présente plusieurs espèces rares [1]. Dans le cadre d'une politique de la sensibilisation à l'environnement l'Organisation a mis en places plusieurs mesures visant à favoriser la biodiversité sur ses terrains. Une des mesures mise en œuvre implique des relevés des diverses espèces qui composent la faune et la flore du domaine du CERN [2]

Dans ce projet, notre objectif sera de proposer un moyen de faciliter le relevé des différentes espèces d'oiseaux présent sur le domaine du CERN. Pour cela, nous utiliserons un microcontrôleur STM32 NUCLEO-L476RG ainsi qu'une carte d'acquisition audio personnalisée ¹ fournis par l'Université Côte d'Azur.

custom audio capture shield with a TLV320ADC3101 ADC and an AOM-5024L-HD-R microphone as well as a 3.5" stereo input jack is also present. Notre objectif sera de pouvoir différencier 10 espèces d'oiseau d'intérêt potentiellement présentes sur le domaine du CERN. Pour tester nos résultats, nous vérifierons que les espèces soient correctement reconnues par la carte. Nous effectuerons ces tests en lançant sur hauts parleurs différents sons d'oiseaux. Les sons utilisés pour réaliser ces tests en temps réel seront différents des sons présents dans le jeu de données d'entraînement et de test.

¹Cette carte personnalisée contient un convertisseur analogique-numérique TLV320ADC3101 et un microphone AOM-5024L-HD-R

2 — Matériels et Méthodes

2.1 Flux de travail

Pour réaliser le jeu de données nécessaire à l'entraînement de notre réseau de neurone, nous avons utilisé le site Xeno-Canto [3]. Celui-ci recense un grand nombre de chants d'oiseau de différentes espèces enregistrés par des utilisateurs. Cependant, les chants d'oiseaux enregistrés possèdent des caractéristiques différentes (durée d'enregistrement, format d'enregistrement, fréquence d'échantillonnage, bruit de fond). Notre premier défi a donc été de créer un jeu de données permettant d'obtenir des résultats corrects. Pour cela, nous nous sommes fixé pour objectif d'obtenir une précision supérieure à 80% sur les données de test avec un réseau de neurone de type M5 [4]. Cela nous permet entre autre de valider notre jeu de données. Nous avons donc suivi une approche itérative 2.1

À chaque itération, nous avons essayé d'obtenir une meilleure précision qu'à l'itération précédente. Notre première approche a consisté à récupérer le son de 10 espèces d'oiseaux depuis Xeno-Canto puis à les convertir en .wav avant de tester le réseau de neurone M5 dessus.

Pour ce faire nous avons développé un script de récupération de données (scrapping) en Python nous permettant de sélectionner les espèces que nous voulions télécharger depuis le site. Lors de la récupération des sons, nous avons choisi de laisser un délai de 1 seconde entre chaque téléchargement pour ne pas surcharger le site. Nous avons également utilisé un script de conversion des fichiers en wav et de resampling en 16 000 Hz. Les scripts utilisés sont disponibles sur notre [repository GitHub](#) [5].

Cette approche ne nous a malheureusement pas permit d'obtenir des résultats satisfaisants. En effet, le réseau de neurone M5 ne nous permettait d'obtenir qu'une précision de 20%.

Nous avons donc choisis de découper les sons de notre jeu de données en échantillons de 1 seconde. Ce traitement nous a permis d'obtenir une amélioration de 20% de la précision du réseau de neurone M5 qui est passée de 20% à 40%.

Cependant, nous pouvons trouver plusieurs défauts à cette approche. La principale est que sur les enregistrements de plusieurs minutes, les chants d'oiseau ne sont pas constant et il existe des périodes de silence. Nous en déduisons qu'une des raisons de la mauvaise performance de notre réseau de neurone et que certains échantillons ne contiennent pas de chants d'oiseaux.

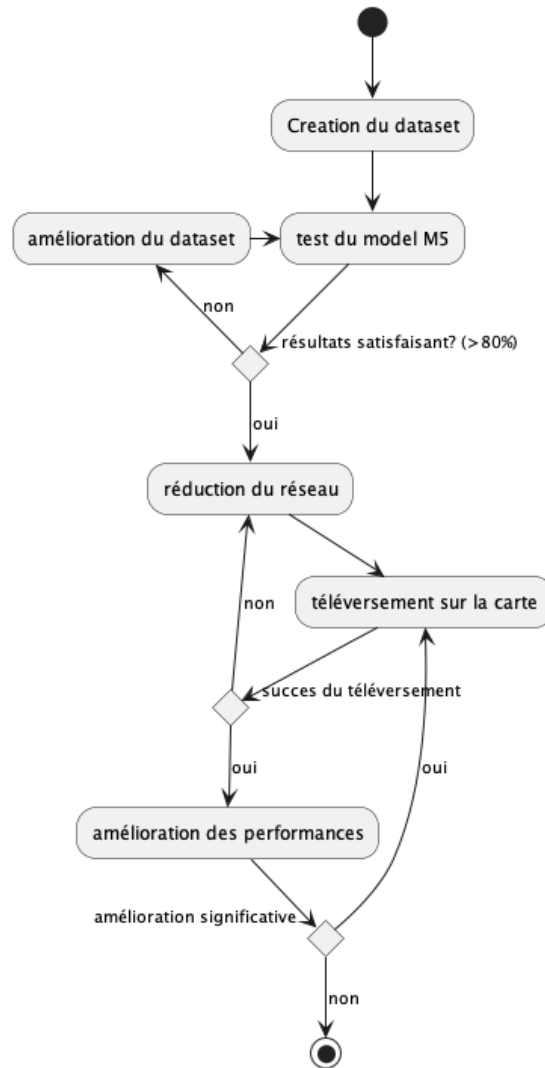


FIGURE 2.1 : Workflow Iteratif

Nous avons réfléchi à plusieurs façons de résoudre ce problème :

- Contrôler manuellement la présence ou non de chant d'oiseau
- Filtrer les sons automatiquement et supprimer les silences
- Entraîner un algorithme non supervisé pour permettre de détecter les échantillons potentiellement mal labélisés

Pour des raisons de temps et d'efficacité, nous avons choisi la seconde approche. Pour cela, nous avons utilisé le script "Silence Remove" proposé dans l'article *Audio Processing and Remove Silence using Python* [6]

Cette approche nous a finalement permis d'obtenir un taux de précision adéquat de 82% sur les données de tests. Nous avons donc choisi d'utiliser cette solution pour la création de notre jeu de données.

Par la suite, il a été nécessaire de réduire la taille du réseau de neurone ainsi que la quantité de données le traversant. Nous avons donc réduit le réseau de neurone M5 de manière itérative, en essayant de garder une précision aussi élevée que possible. Ceci a permis de téléverser sur la carte STM32 pour tester notre modèle. Ce qui finalise notre flux de travail Figure 2.2.

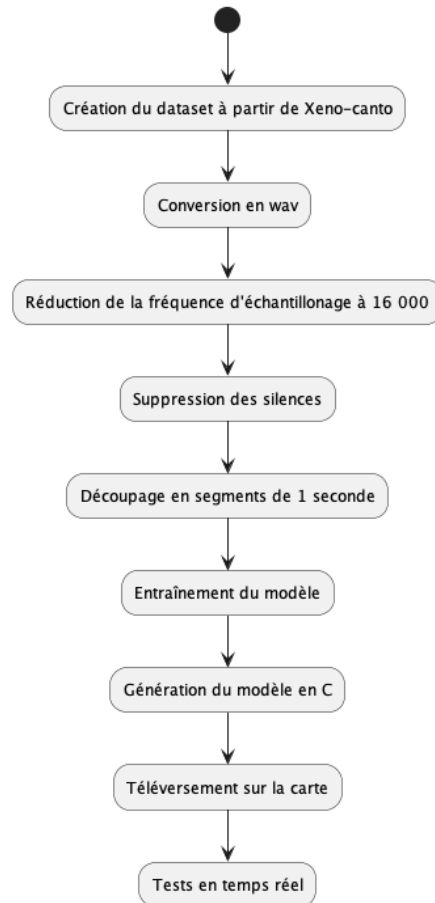


FIGURE 2.2 : Workflow Final

2.2 Jeu de données

Notre jeu de données final contient un total de 33 105 échantillons de 1 seconde répartis de manière équitable sur 10 classes. Celui-ci est disponible sur notre [Google Drive](#)[7]

| Jeu de données : Espèces d'oiseaux | | | |
|------------------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| Nom Français | Nom Anglais | Espèce | Nombre d'échantillons |
| Alouette des champs | Eurasian skylark | Alauda arvensis | 3 381 |
| Bruant jaune | Yellowhammer | Emberiza citrinella | 3 278 |
| Bruant zizi | Cirl bunting | Emberiza cirlus | 3 305 |
| Coucou gris | Common cuckoo | Cuculus canorus | 3 323 |
| Effraie des clochers | Barn owl | Tyto alba | 3 254 |
| Faucon crécerelle | Common kestrel | Falco tinnunculus | 3 311 |
| Fauvette des jardins | Garden warbler | Sylvia borin | 3 398 |
| Gobemouche gris | Spotted flycatcher | Muscicapa striata | 3 319 |
| Grèbe castagneux | Little grebe | Tachybaptus ruficollis | 3 167 |
| Hirondelle de fenêtre | Common house martin | Delichon urbicum | 3 369 |

2.3 Description du CNN

Pour pouvoir déployer le CNN sur la carte STM32 NUCLEO-L476RG, il a été nécessaire de minimiser les ressources utilisées par notre réseau de neurone. Pour cela les paramètres à prendre en compte sont la taille et la quantité de données utilisée par le réseau (RAM et ROM) ainsi que le nombre de paramètres du réseau (temps de calcul).

Pour réduire la taille et le nombre de paramètres de notre réseau, nous avons diminué le nombre de filtres de nos Conv1D. Nous avons ensuite utilisé un MaxPool en entrée du réseau pour réduire la quantité de données initiales. Ceci a permis de ne pas dépasser la RAM disponible sur la carte et de réduire le nombre de paramètres à 12 234.

| |
|--|
| Input : 16000x1 |
| Maxpool : 10x1 (output : $1600 \times n$) |
| conv1d [80/4, 32] |
| Maxpool : 4x1 (output : $100 \times n$) |
| conv1d [3, 32] |
| Maxpool : 4x1 (output : $25 \times n$) |
| conv1d [3, 32] |
| Maxpool : 4x1 (output : $6 \times n$) |
| conv1d [3, 32] |
| Maxpool : 3x1 (output : $1 \times n$) |

2.4 Architecture du traitement de données par le capteur

Le DMA (Direct Memory Access) est une méthode de transfert de données où les périphériques accèdent directement à la mémoire sans passer par le CPU. Le CPU n'est alors responsable que de l'initiation du transfert de données et reçoit une interruption lorsque le transfert est terminé. Cela permet aux périphériques d'I/O d'accéder à la mémoire, sans monopoliser le CPU. [8]

Les ADC (Analogue-to-Digital Converter) permettent de convertir un signal analogique (signal continu) en signal digital (signal discret) qui peut ensuite être lu et traité par un microcontrôleur. [9] Dans notre cas l'ADC permet d'obtenir un signal numérique à partir du signal analogique fourni par le microphone.

3 — Résultats

Setup expérimental • Presentation of the results obtained, and the experimental setup to test the generalization of the training to real data (not the ones of the dataset).

Performance

Mémoire

Latence

Energie • Analysis of the result of your project on the following criteria
o Performance (accuracy on train, test and on real data after quantization)
o Memory footprint
o Latency
o Energy consumption and battery lifetime analysis (provide assumptions of your estimation)

4 — Discussion

- Conclusion and possible evolutions of the project

Bibliographie

- [1] Cian O’LUANAIGH. *The birds and the beams : Biodiversity at CERN*. 2015. URL : <https://home.cern/news/news/cern/birds-and-beams-biodiversity-cern> (visité le 22/04/2023).
- [2] CERN. *Environmental awareness : exploring CERN’s biodiversity*. 2022. URL : <https://home.cern/news/news/cern/environmental-awareness-exploring-cerns-biodiversity> (visité le 22/04/2023).
- [3] Xeno CANTO. *Bird Sound Database*. URL : <https://xeno-canto.org> (visité le 22/04/2023).
- [4] Wei DAI et al. “Very deep convolutional neural networks for raw waveforms”. In : mars 2017, p. 421-425. DOI : [10.1109/ICASSP.2017.7952190](https://doi.org/10.1109/ICASSP.2017.7952190).
- [5] Sami EL KATEB AURELIA CHABANIER. *Projet Biodiversité CERN*. URL : https://github.com/SamiElkateb/embedded_ai_project.
- [6] Bala Murugan N G. *Audio Processing and Remove Silence using Python*. 2020. URL : <https://ngbala6.medium.com/audio-processing-and-remove-silence-using-python-a7fe1552007a> (visité le 22/04/2023).
- [7] Sami EL KATEB AURELIA CHABANIER. *Dataset Projet Biodiversité CERN*. URL : https://drive.google.com/file/d/1zVLOBS-vfTlgu_EdVVaLhvU9dm-XX1qR/view?usp=sharing.
- [8] MICROCONTROLLERSLAB. *Direct Memory Access (DMA)*. URL : <https://microcontrollerslab.com/dma-introduction-working-programming-mode-arbitration-advantages/>.
- [9] Dogan IBRAHIM. “Chapter 1 - Microcomputer Systems”. In : *PIC32 Microcontrollers and the Digilent chipKIT*. Sous la dir. de Dogan IBRAHIM. Oxford : Newnes, 2015, p. 1-14. ISBN : 978-0-08-099934-0. DOI : <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099934-0.00001-6>. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080999340000016>.