

Soutenance de Stage

Florian LEON



X Septembre 2022

© Groupe SII 2022 | Usage interne SII

8 rue des Pirogues de Bercy, 75012 PARIS

INSA
TOULOUSE

Sommaire



Le Groupe SII

Présentation
rapide



Les objectifs

Au sein du lab
Embarqué



Mes réalisations

Et mon
analyse



Conclusion du stage

Bilan des 6
mois



Le Groupe SII

Présentation du groupe
et de ses activités



5 métiers



14 secteurs

En chiffres



Acteur majeur des métiers de l'ingénieur

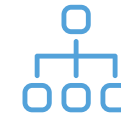
5 métiers nécessitant des compétences technologiques fortes



Informatique
embarquée



NTIC



Infrastructures



Systèmes
d'informations



Ingénierie
scientifique



Un fort maillage local et international

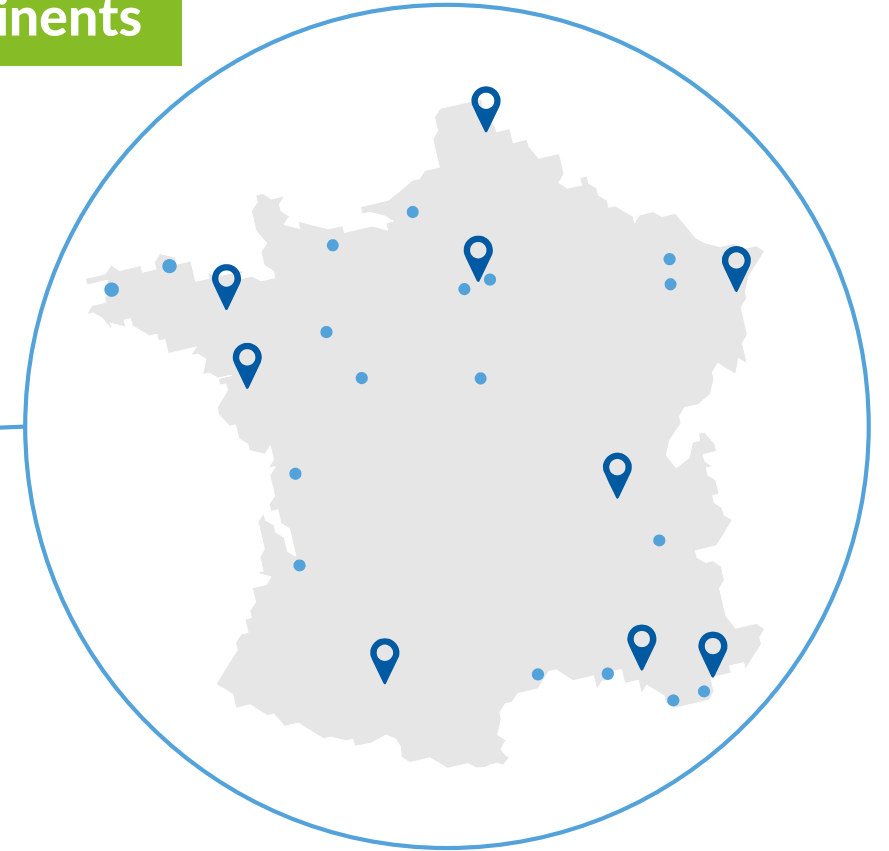
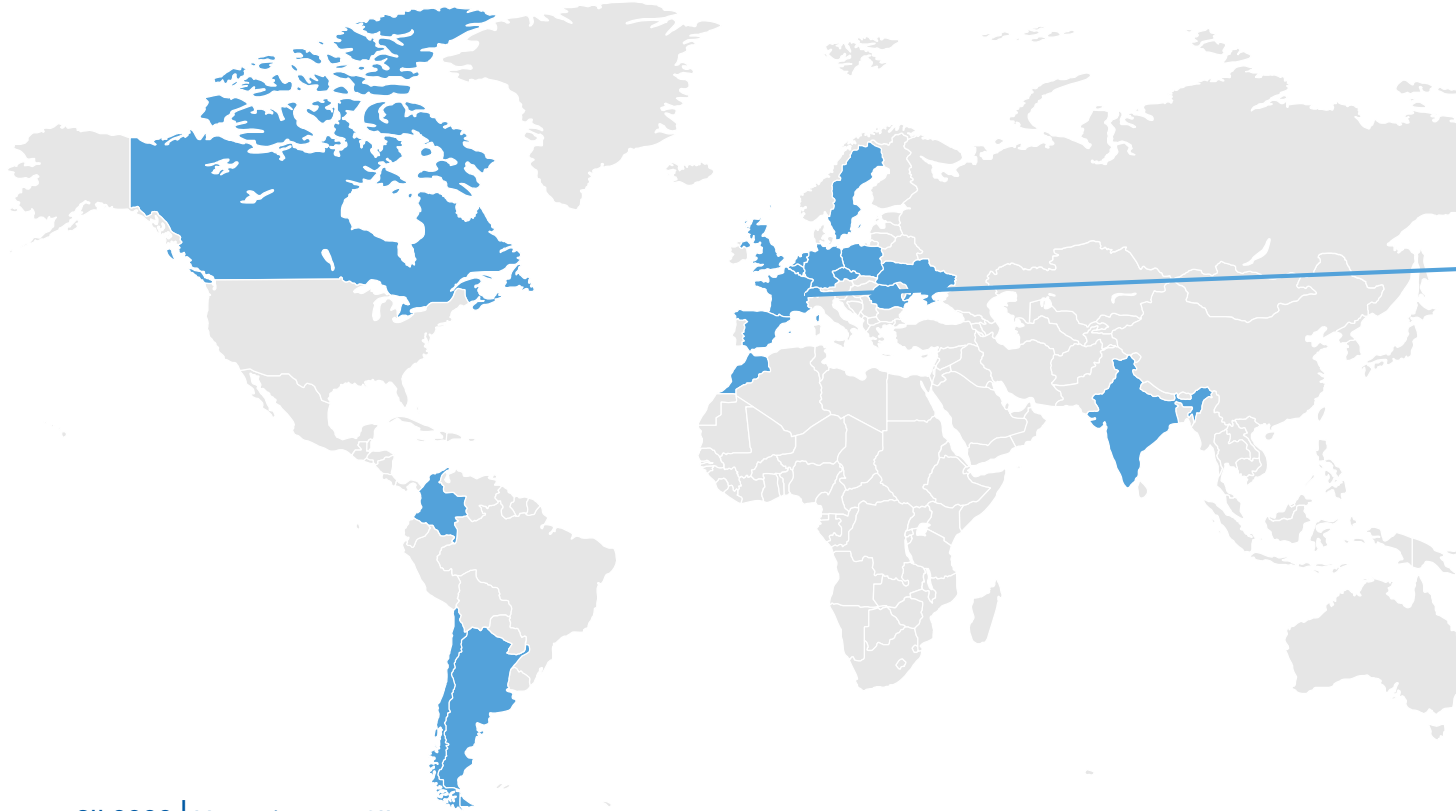
Positionnement Hybride de Conseil en technologies et Services numériques

13 000 collaborateurs

18 pays

100 sites

4 continents



9 agences en France

22 implantations de proximité

Carte

France agences et implémentations



2

Les objectifs

Au sein du lab
embarqué

Données clés du projet,

Positionnement fin



Contexte

Le lab et son projet principal



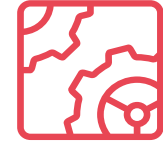
Objectif initial

Retour d'information sur un déplacement



Évolution

Des moyens et des objectifs



Intégration

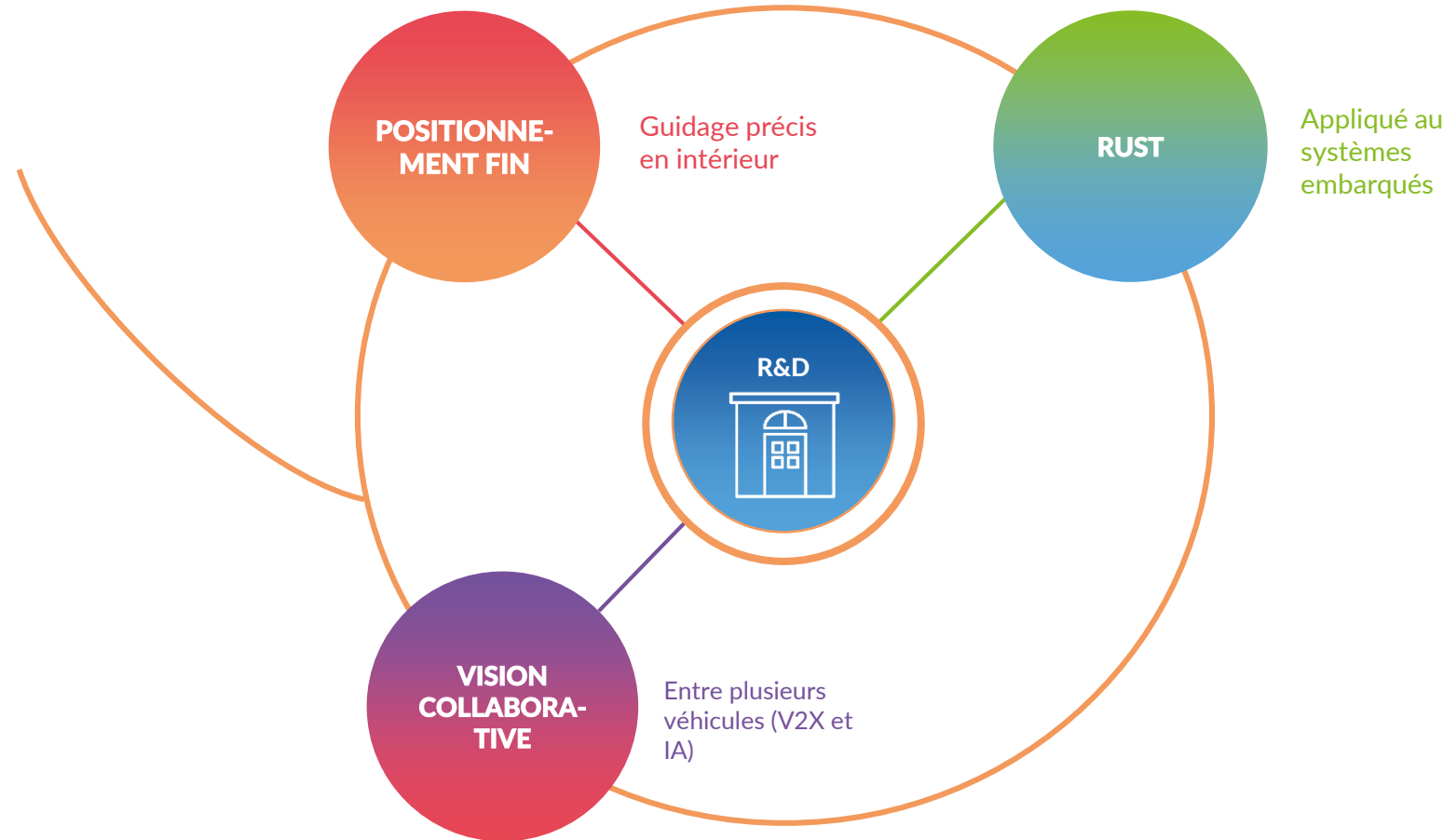
Du capteur au projet

Contexte,

Le lab Embarqué

Le lab embarqué au sein de la R&D

-  Exploitation de nouvelles technologies
-  Développement de solutions de logiciel embarqué
-  Simplification du développement de système complexe



Contexte

Le projet positionnement fin

Longue distance

Technologie UWB

Positionnement à plus de 20 cm

4 ancres utilisées

3 sur un robot et 1 sur une base

Plusieurs méthodes testées

Dont la trilatération

Positionnement peu précis

De l'ordre de la vingtaine de cm

Courte distance

Capteur à effet hall

Mesure les champs électromagnétiques

Un aimant en néodyme

Positionné sur la base

Courte portée du capteur

De l'ordre de la vingtaine de cm

Bonne précision

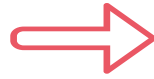
Inférieure au cm

Objectif initial

Retour d'information sur la position du robot

Fusion de données

Entre un accéléromètre et un gyroscope

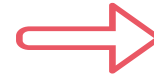


Retour sur le déplacement du robot

Sur l'angle et la distance

Mesure de l'angle

Par fusion de données



De combien de degrés le robot a tourné ?

Dépend d'un mouvement



Mesure de la distance

Filtrage et intégration des accélérations



De quelle distance s'est déplacé le robot ?

Et a quelle vitesse ?



GY-521 / MPU6050

Capteur à disposition

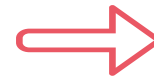


6 degrés de liberté

Accéléromètre 3 axes et gyroscope 3 axes

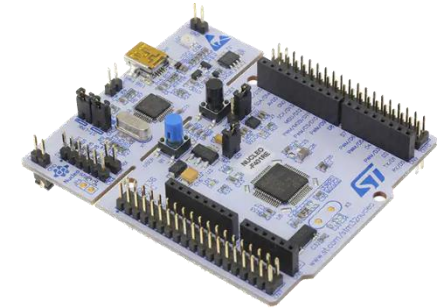
C++ / Arduino

Pour les tests



Rust

Implémentation finale



ESP32 et STM32

Pour faciliter les tests



Raspberry Pi

Pour grouper toutes les fonctions



Évolution du projet

Causes et solutions trouvés



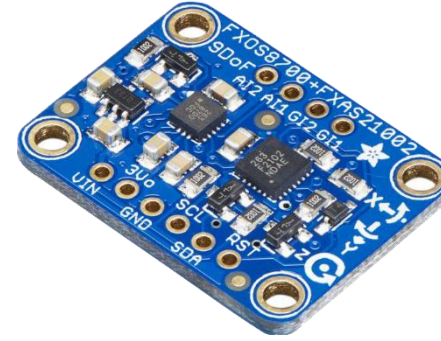
Causes

- Peu précis
- Mesure de l'angle trop dépendante du mouvement
- Donc manque d'indépendance pour la mesure de l'angle



Solution

- IMU 9 axes avec magnétomètre
- Nouvelle implémentation de la solution
- Indépendance totale du mouvement

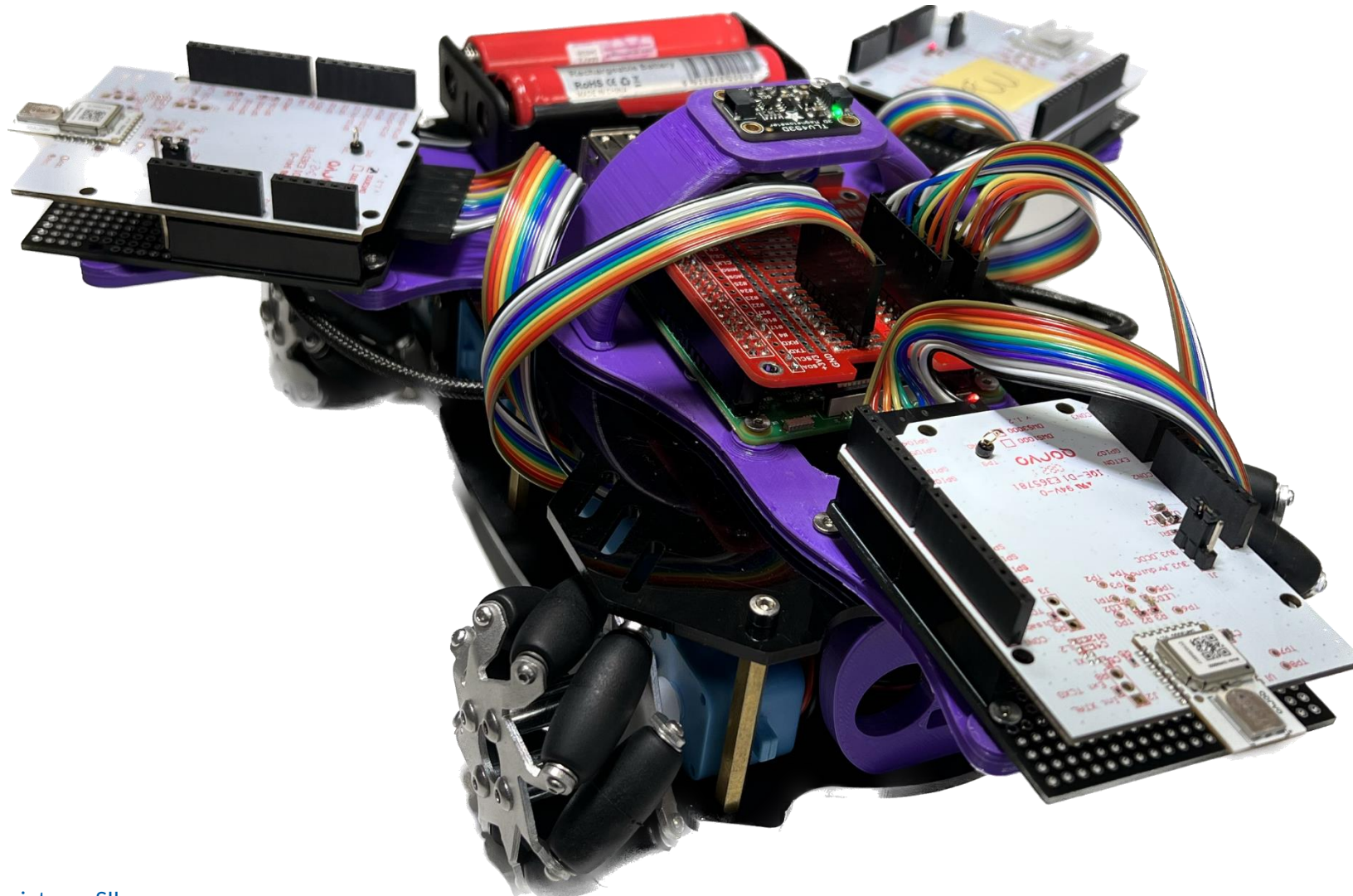


Bonus

- Intervention en complément du capteur à effets hall
- Librairie open source au nom de SII

Intégration au projet

Skippy

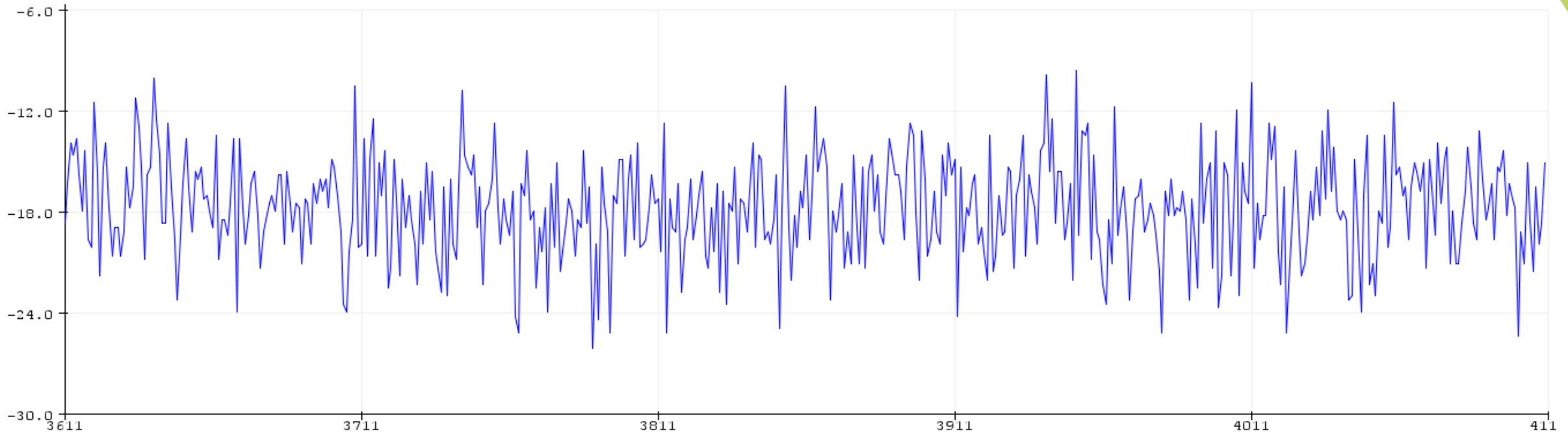


Réalisations

Et analyse

Mesure de la distance

Condition de départ



Signal très bruité

Pas utilisable en l'état

Double intégration nécessaire

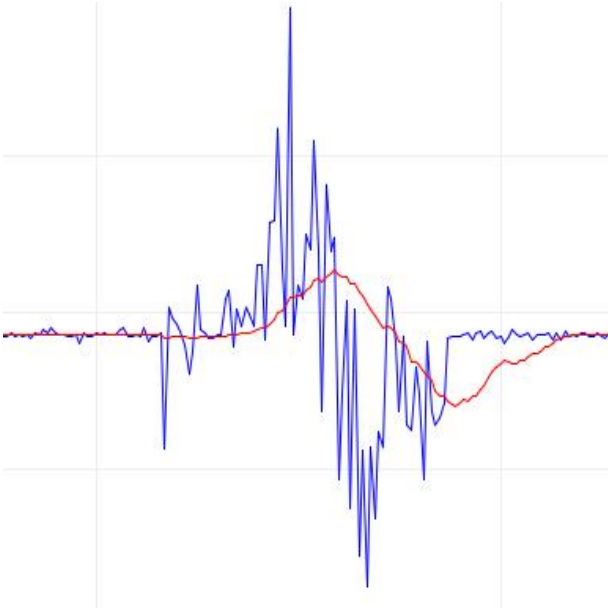
Donc erreur quadratique au final

Conséquence

Résultat qui diverge

Mesure de la distance

Solutions testées



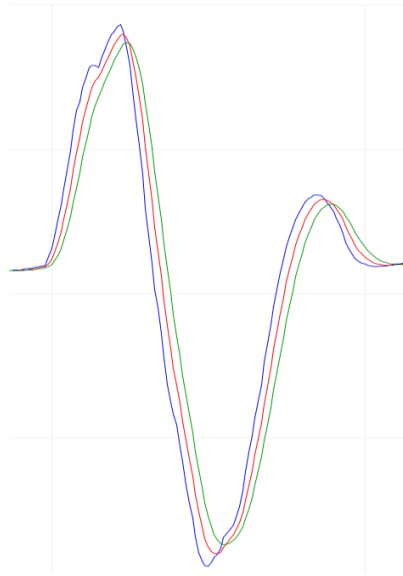
Moyenne glissante

Sur 30 valeurs



Intéressant

Pas très efficace seul



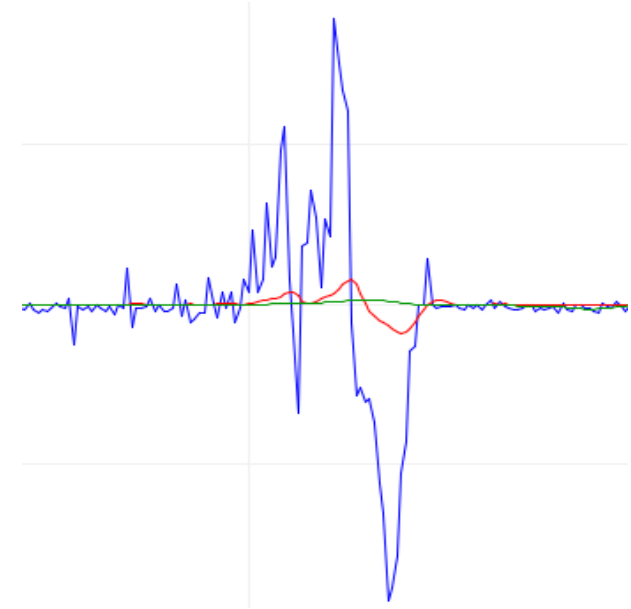
Filtres numériques

D'ordre 1, 2 et 3



Résultats non homogènes

Comportement étrange dans les
sens négatifs



Filtre de Butterworth

+ moyenne glissante

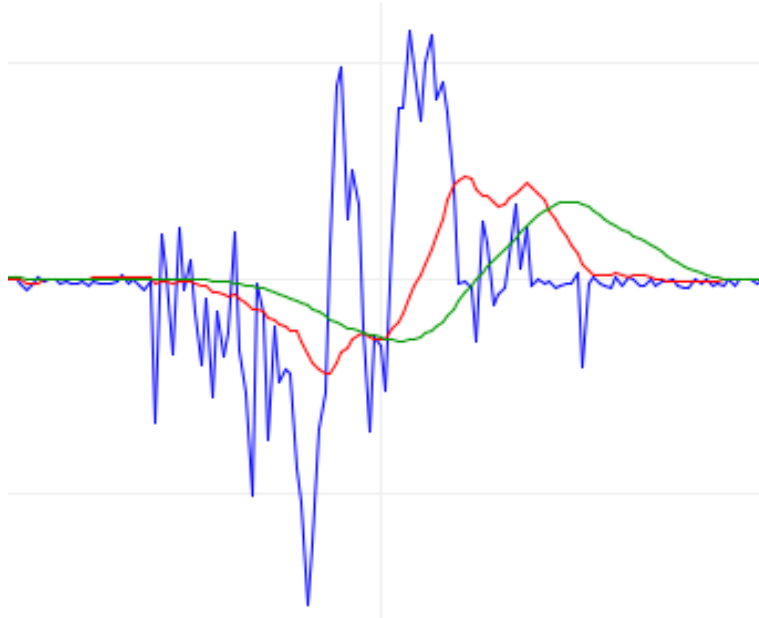


Peu concluant

Mouvement mal retranscrit

Mesure de la distance

Solutions testées



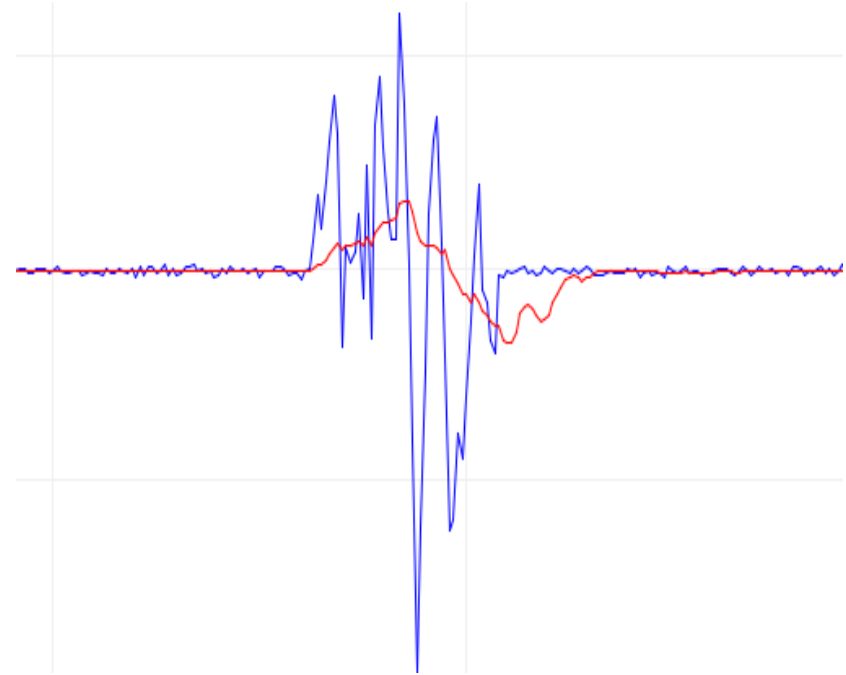
Filtre passe-haut

$F_c = 0,05 \text{ Hz}$



A creuser

Recentre le signal sur 0 et retranscrit bien le mouvement même s'il y a un petit retard



Filtre passe-bas

$F_c = 20 \text{ Hz}$

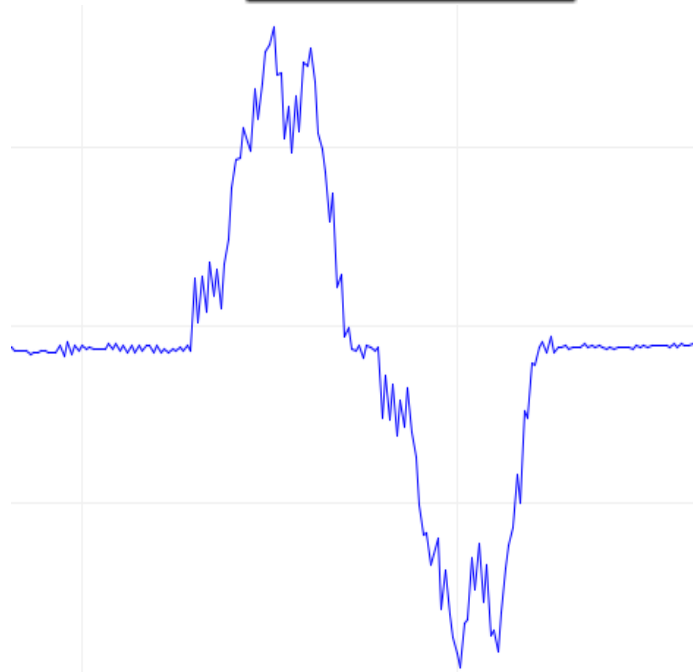
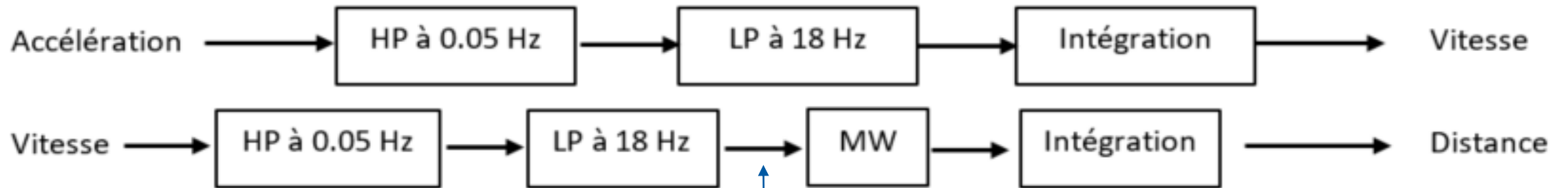


Simple et efficace

Mouvement relativement bien retranscrit

Mesure de la distance

Solutions retenue



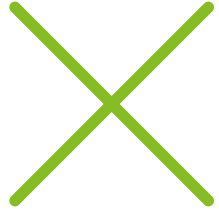
Vitesse instantanée
Avant moyenne glissante



Meilleurs résultats
Au minimum 50% meilleurs que
toutes les méthodes testées

Mesure de la distance

Conclusion et analyse de la solution



Limites

- Sur ou sous estimation de la distance
- Peut dériver très rapidement
- Manque de précision du capteur



Causes

- Trop de dépendance à la vitesse
- Inclinaison du capteur
- Capteur trop grand public

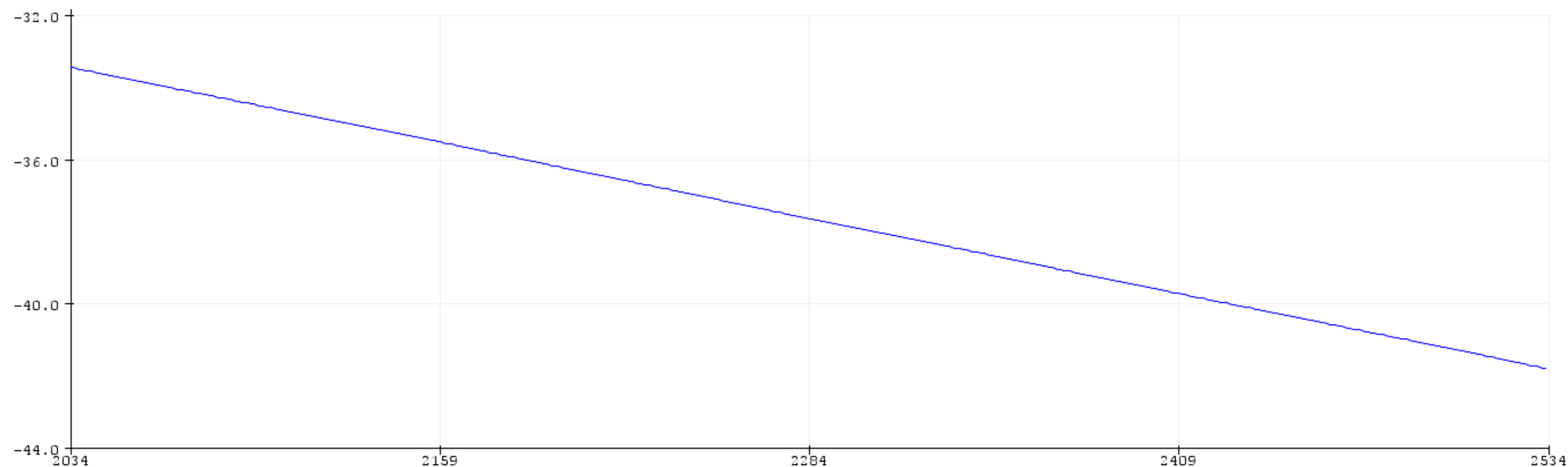


Solutions

- Pas de solutions viables pour l'instant
- Filtre passe haut mais délai induit
- Pas de solutions dans la gamme de prix

Mesure de l'angle

Condition de départ



Dérive du gyroscope
Tend vers $-\infty$

Accéléromètre sur le long terme
OK mais bruité

Gyroscope sur le court terme
Dérive rapidement

Mesure de l'angle

Filtre de Kalman

Estimer

Les paramètres d'un système à partir de mesures bruitées

Prédire

Les paramètres du système

Rectifier

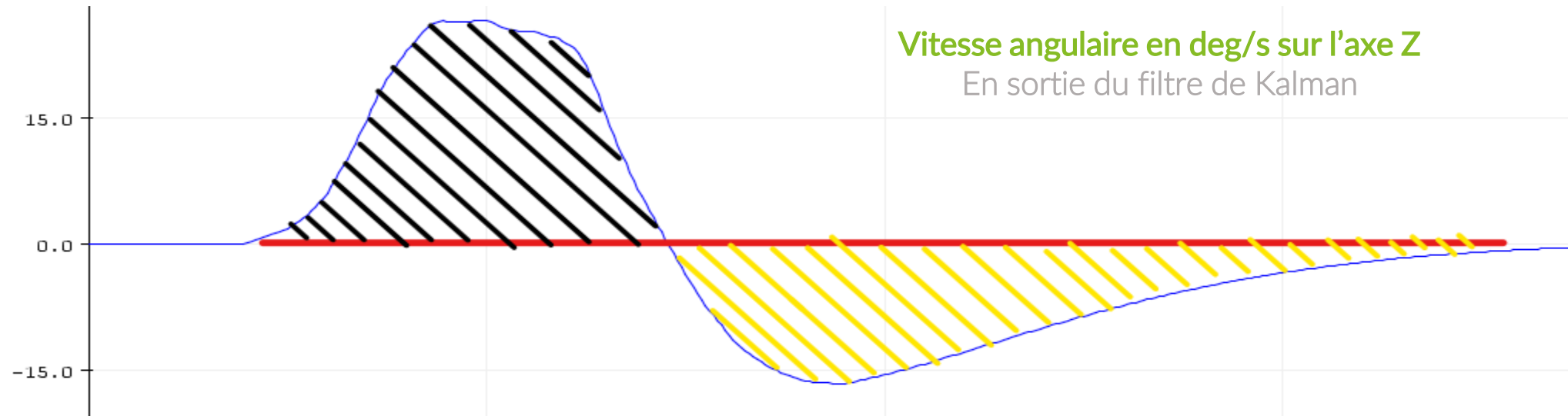
Les erreurs du capteur mais aussi des modèles

**Principale
utilisation**

Fusion de données
entre capteurs

Mesure de l'angle

GY521 : Accéléromètre et Gyroscope



Ordre de 45°
Déplacement manuel

Ordre de 45°
Déplacement manuel



Réponse de 44°
Intégration de la partie noire + | partie jaune |

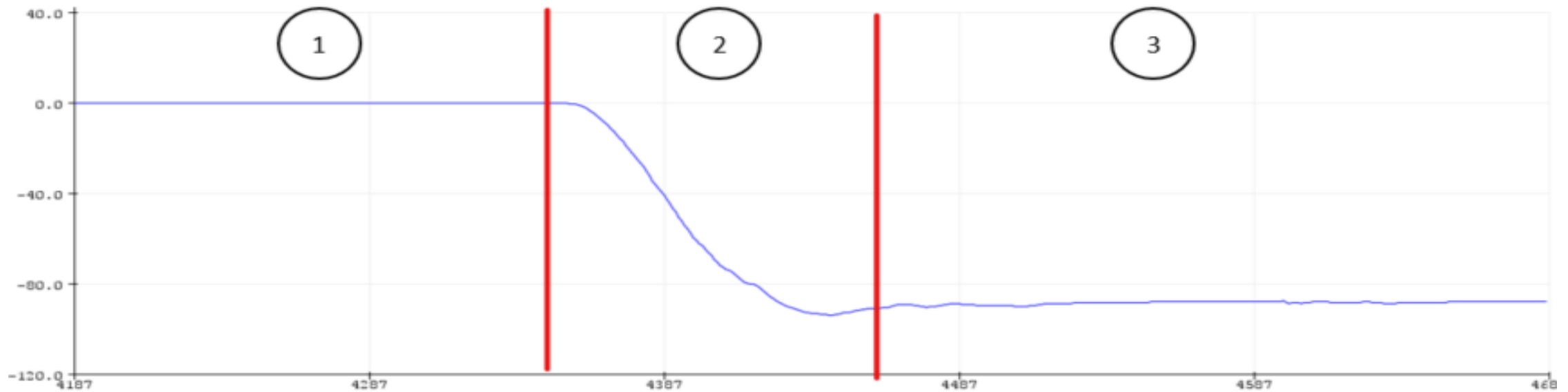


Réponse de 44°
Intégration de la partie noire + | partie jaune |

Mesure de l'angle

GY521 : Accéléromètre et Gyroscope

Angle en degrés sur l'axe X et Y
En sortie du filtre de Kalman



1

Capteur au repos à 0°

2

Rotation de -90°

3

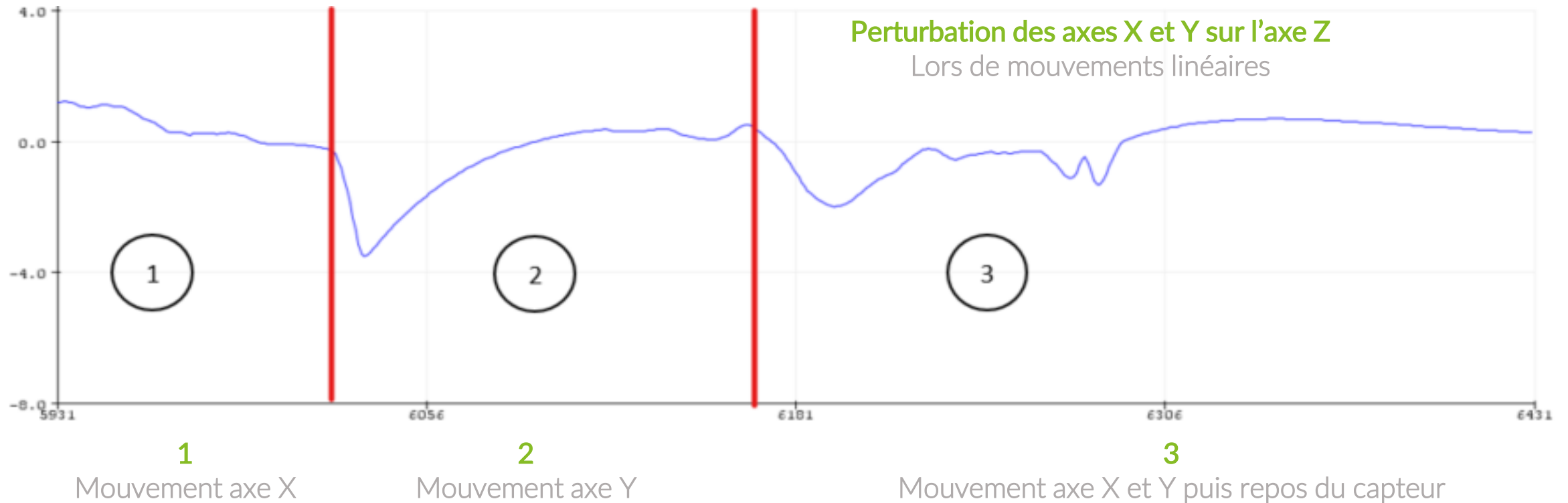
Capteur au repos à -90°

Précision

Inférieure au degré

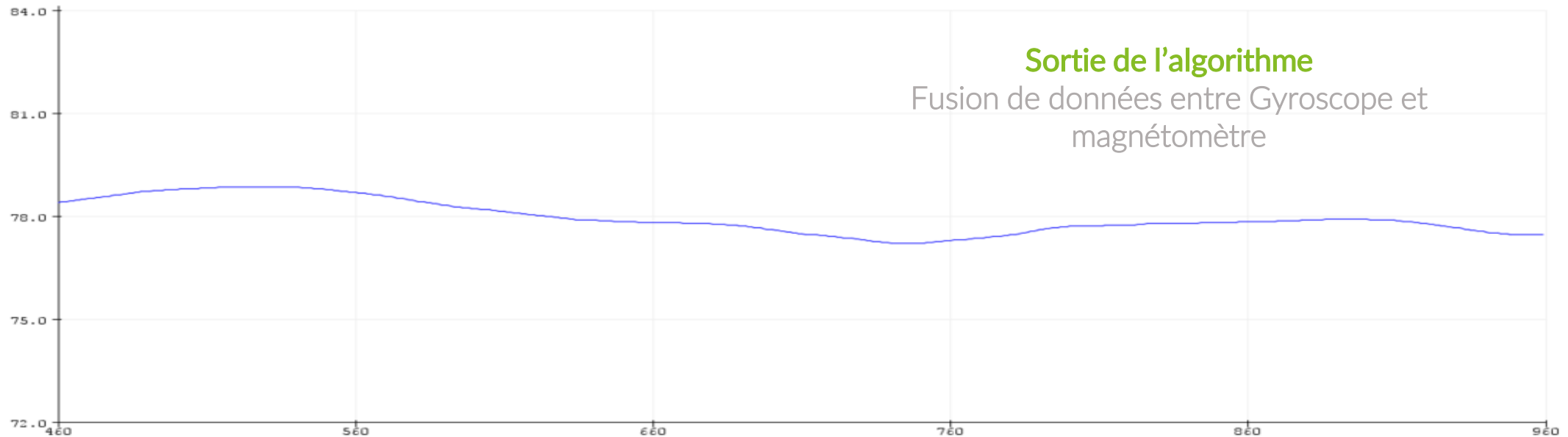
Mesure de l'angle

GY521 : Impact du mouvement linéaire



Mesure de l'angle

Adafruit NXP : Accéléromètre, Gyroscope et Magnétomètre

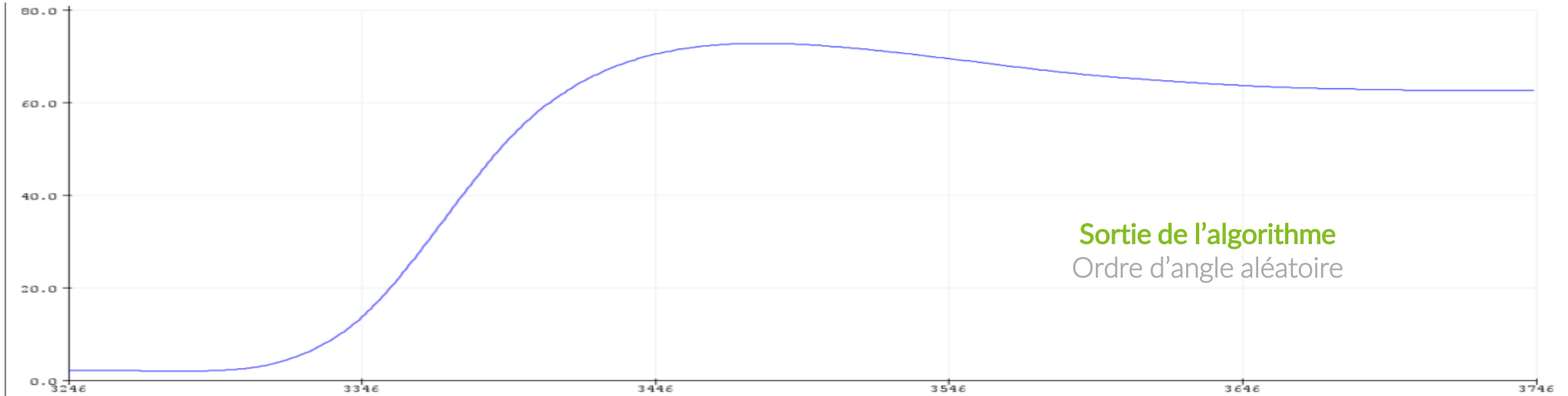


Erreur moyenne

Inférieure à 0,5 %

Mesure de l'angle

Adafruit NXP : Résultats



**Erreur moyenne,
ordre de 45°**

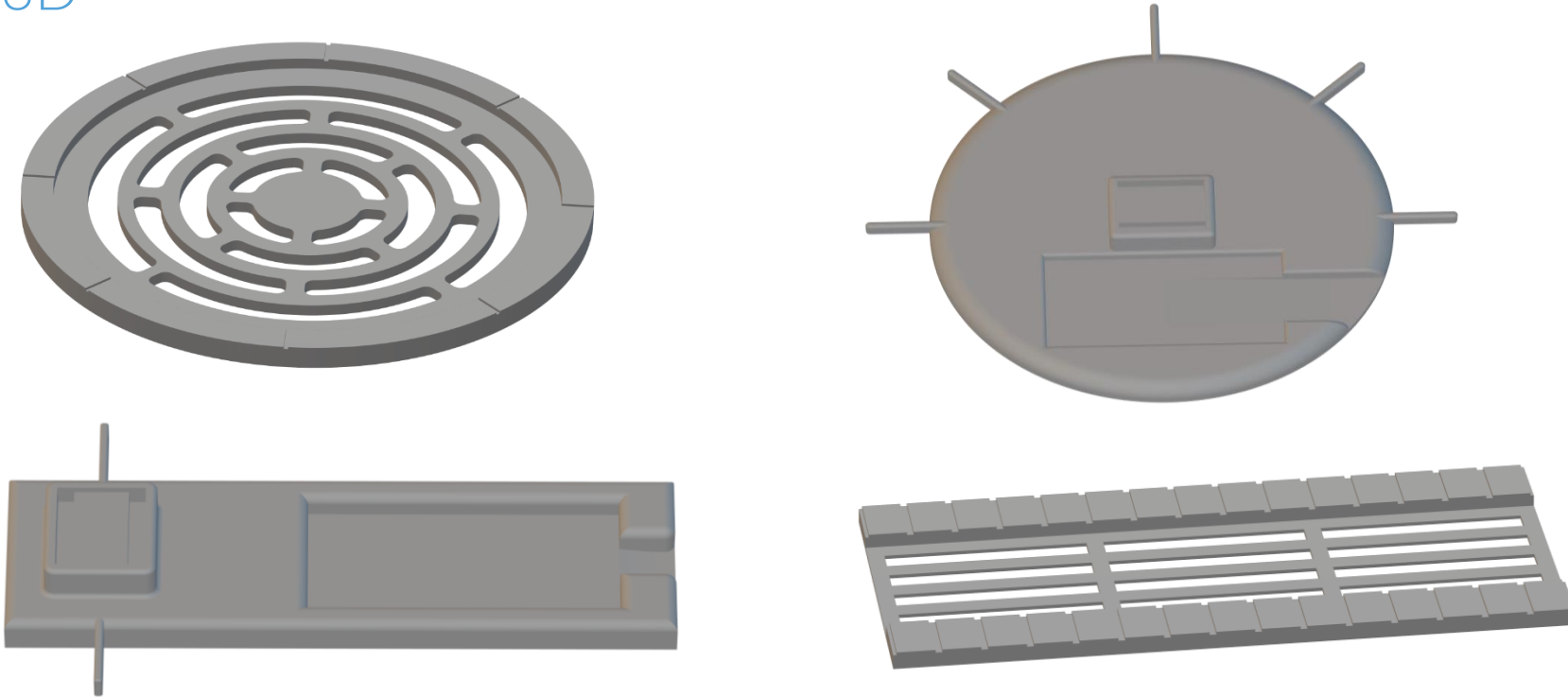
Inférieure à 4 %

**Erreur moyenne,
ordre de 90°**

Inférieure à 3 %

Autres activités

Impression 3D



Conception 3D

Pour bancs de tests

4

Conclusion

Bilan des 6 mois

Conclusion

Mon bilan sur le projet

Points positifs

Projet intéressant

Qui permet de manipuler

Approche moderne

Nouvelles technologies

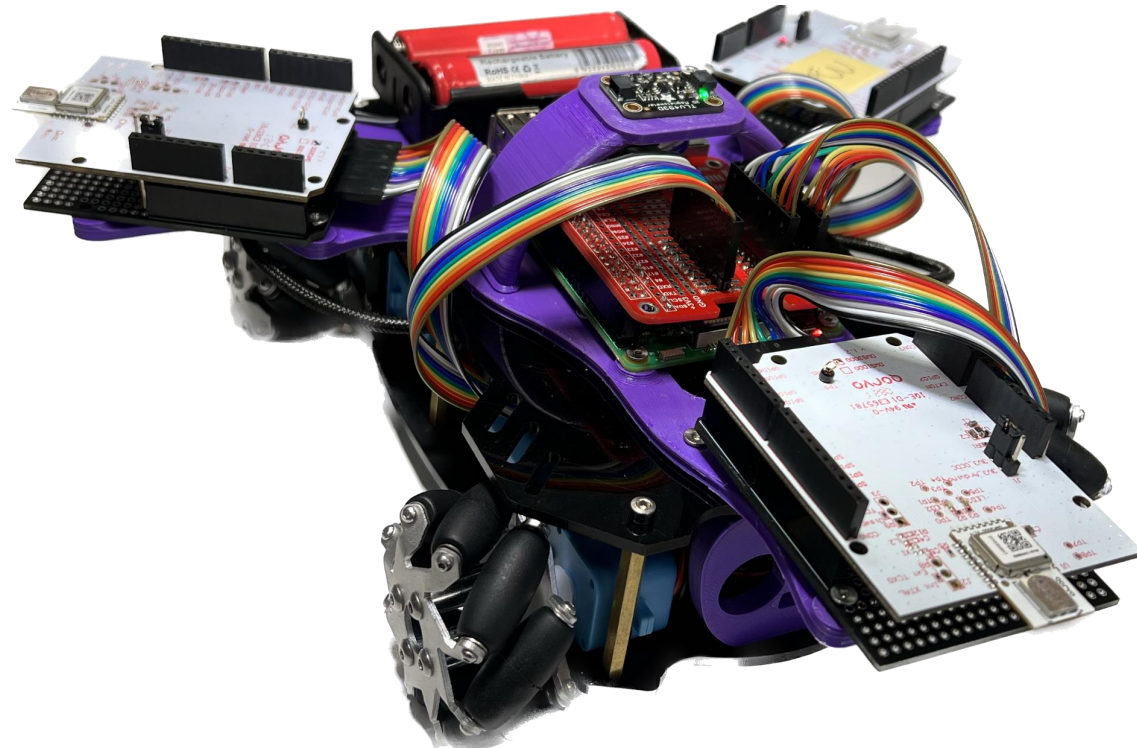
Liberté d'action

Pour aborder le problème

Points négatifs

Intégration limitée

Par les problèmes de capteurs



Conclusion

Bilan des compétences

Compétences améliorées

Développement embarqué

Notamment en C++

Travail en équipe

6 à 8 personnes

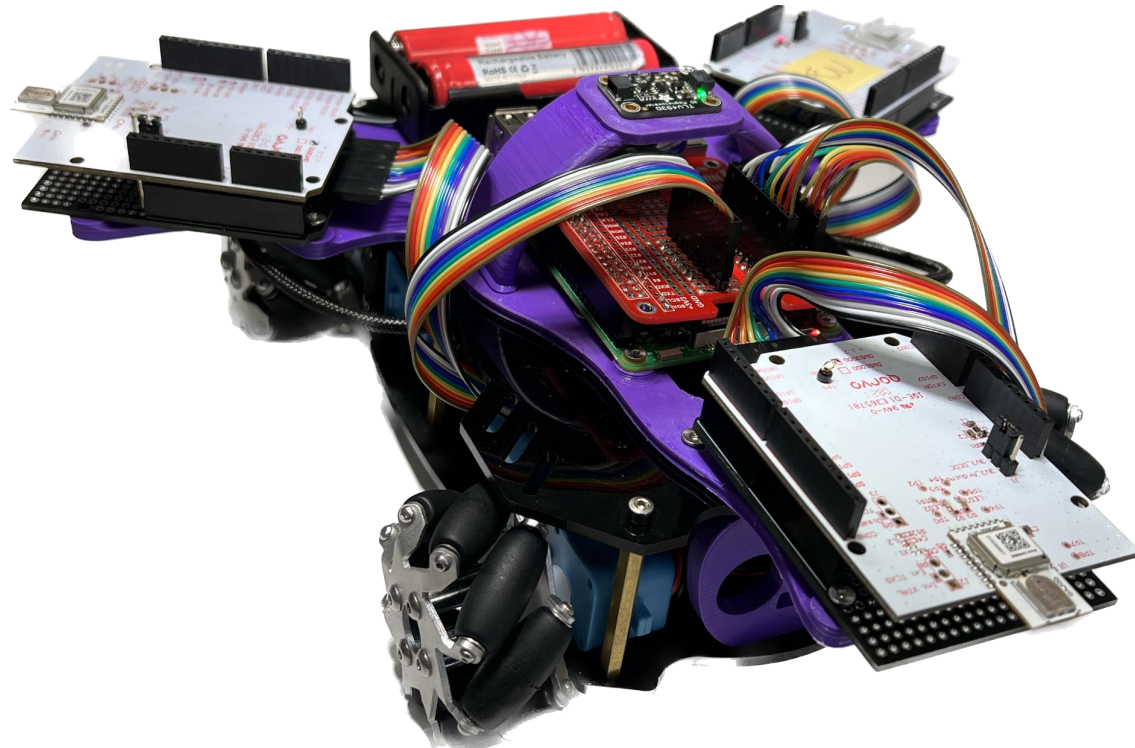
Nouvelles compétences

Nouveau langage

Rust

Développement de drivers

Dans un contexte embarqué



- **Clement PENE** et surtout **Romain Saboret** mon tuteur pour leur aide et leur confiance
- **A toute l'équipe**, grâce à qui ce stage s'est bien déroulé

Remerciements



Merci



Imagine the world
of tomorrow **with us**



Développer **ensemble**
un **monde numérique**
et **durable**