

Soutenance sur

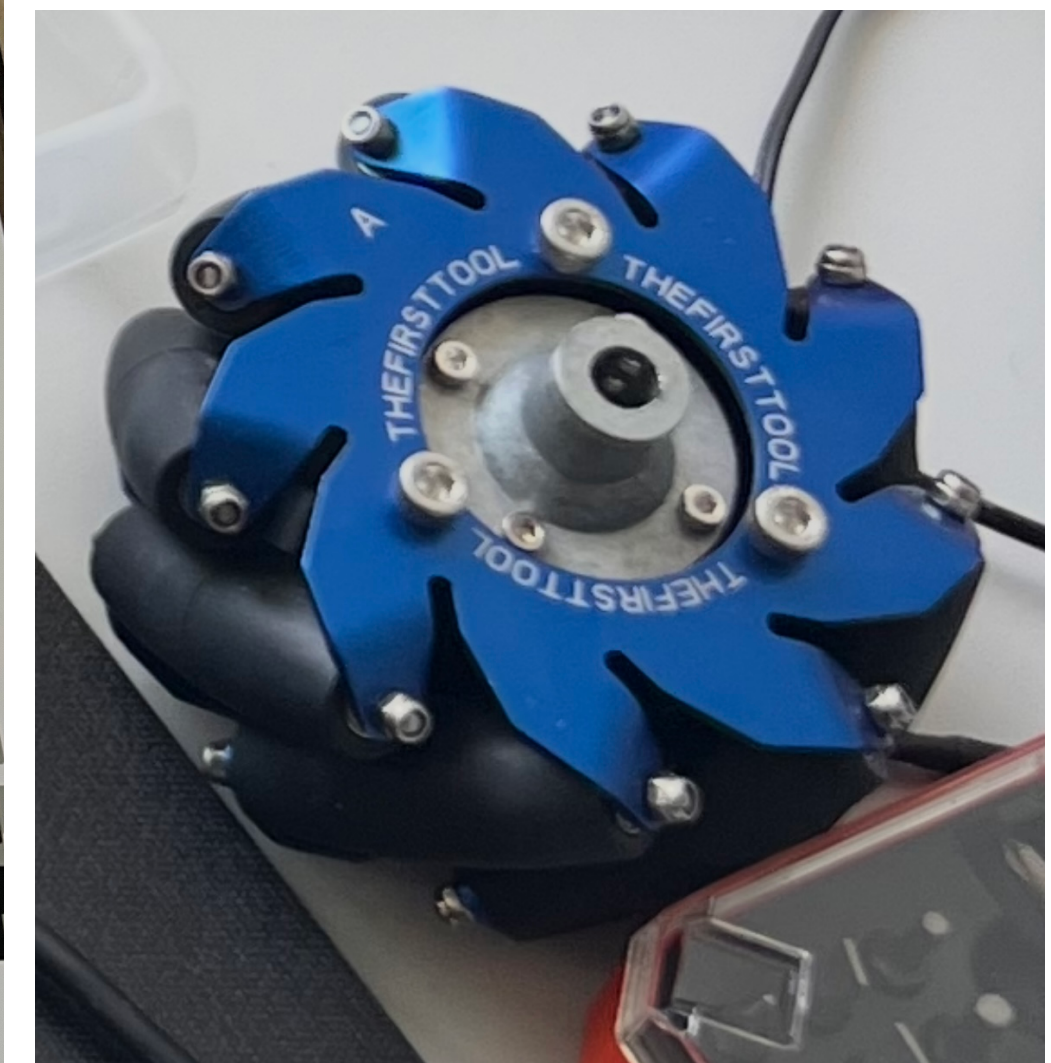
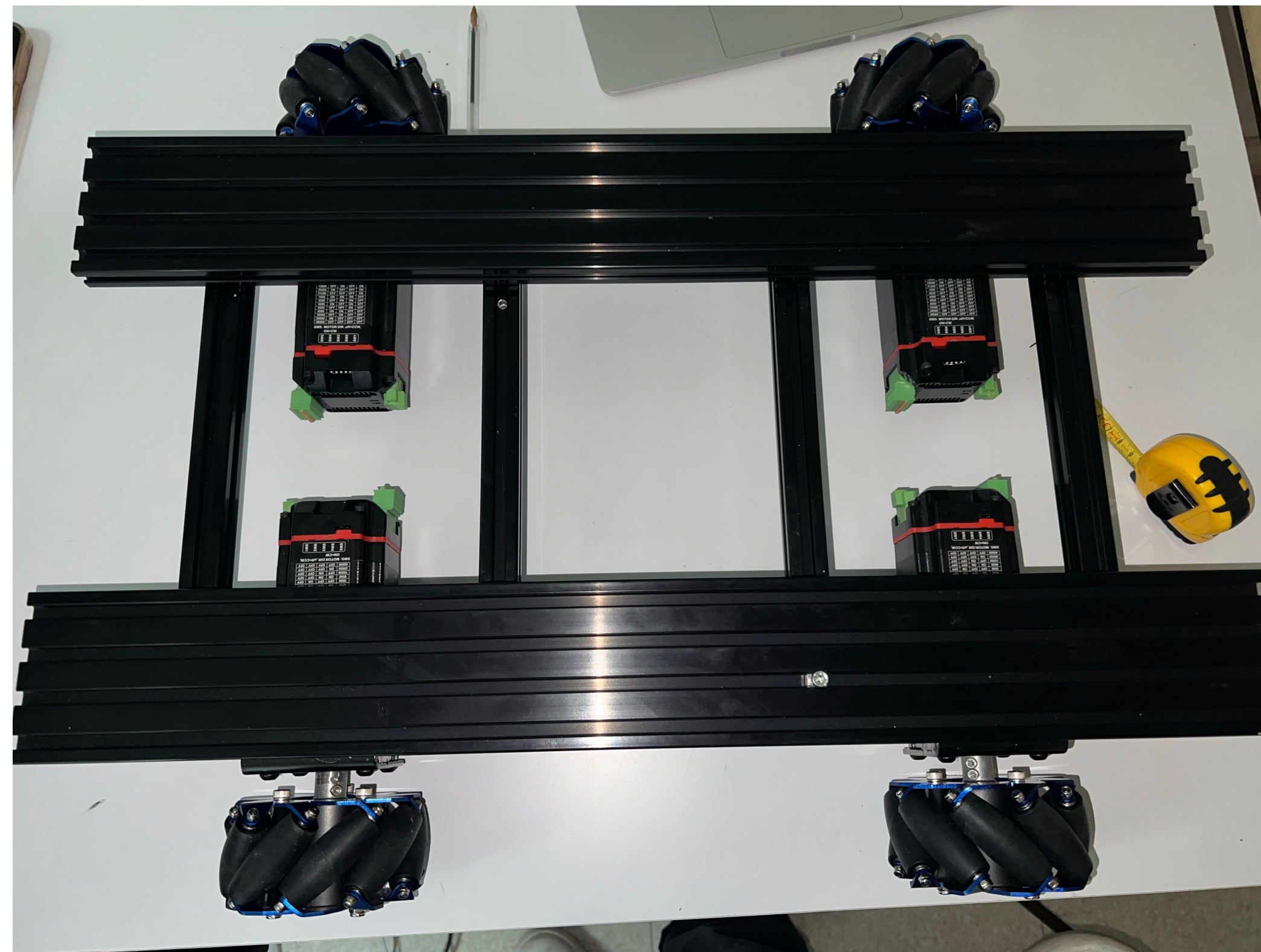
l'étude, la modélisation et l'implémentation de l'odométrie d'un robot mobile holonome à roues mecanum

Réalisé par Paquet Alexandre et Gaillac Louis, encadré par Mr.Djerroud Halim

La problématique des roues mecanum

Glissements et écrasement des galets

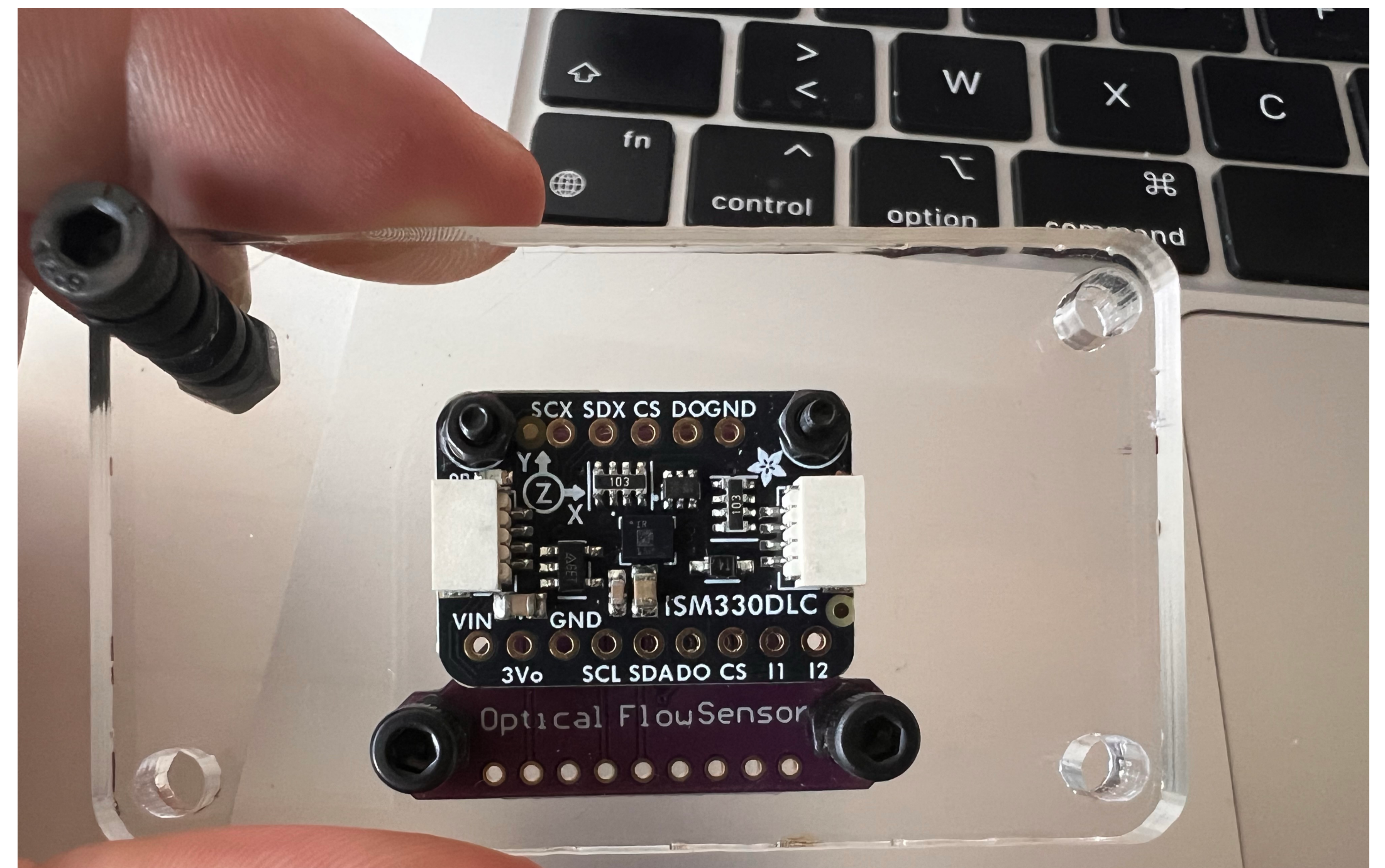
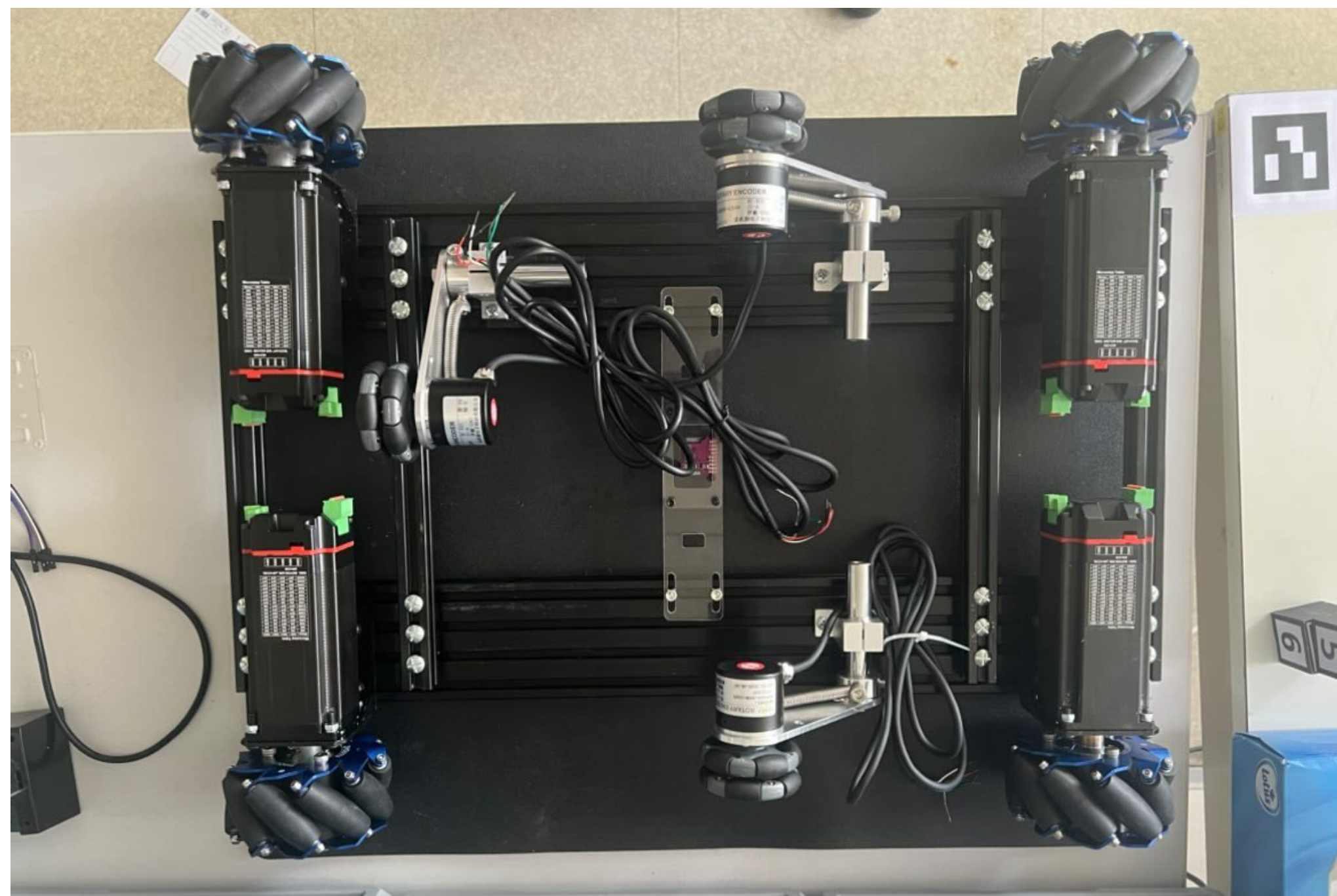
- 3 degrés de libertés (V_x , V_y , θ)
- Avantage des roues mecanum : mobilité totale sans braquage
- Leur problème : des glissements transversaux systématiques + un écrasement dynamique des galets
- Bilan : mesure odométrique sur les moteurs impossible



L'odométrie découplée

Roues de mesure et IMU

- Principe : séparer la traction et la mesure
- Mécanique : 3 roues omnidirectionnelles sur suspensions indépendantes (roulement pur)
- Electronique : 1 centrale inertielle de mesure (IMU) pour le lacet



Modélisation cinématique inverse

Matrice cinématique

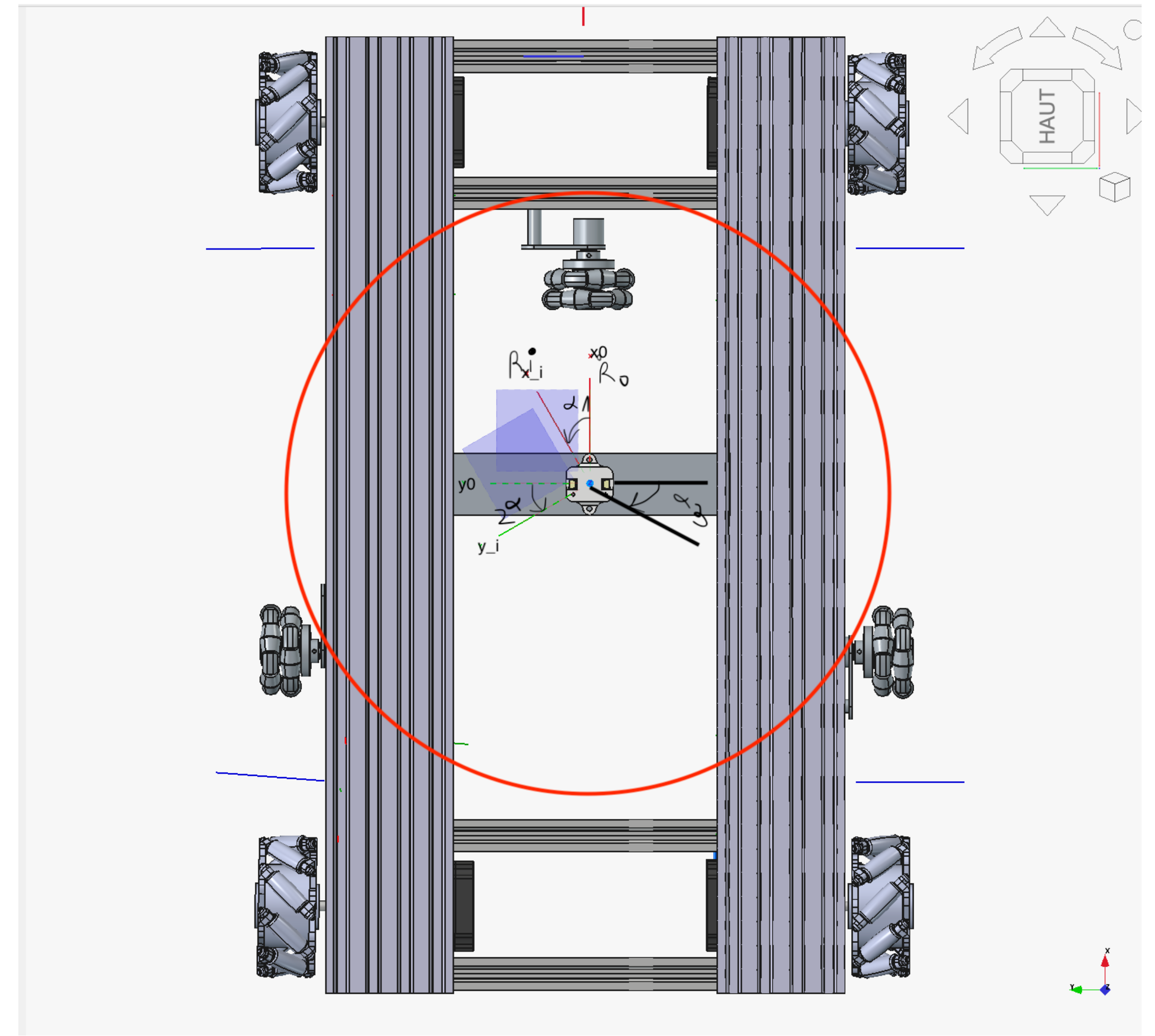
- Equation matricielle de la cinématique finale
- 3 roues = Système isostatique à 3 degrés de libertés
- Inversion de la matrice Jacobine J^{-1}

$$\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ \dot{\theta} \end{pmatrix} = J^{-1} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix}$$

Optimisation de l'odomètre

Placement des 3 roues codeuses à 120°

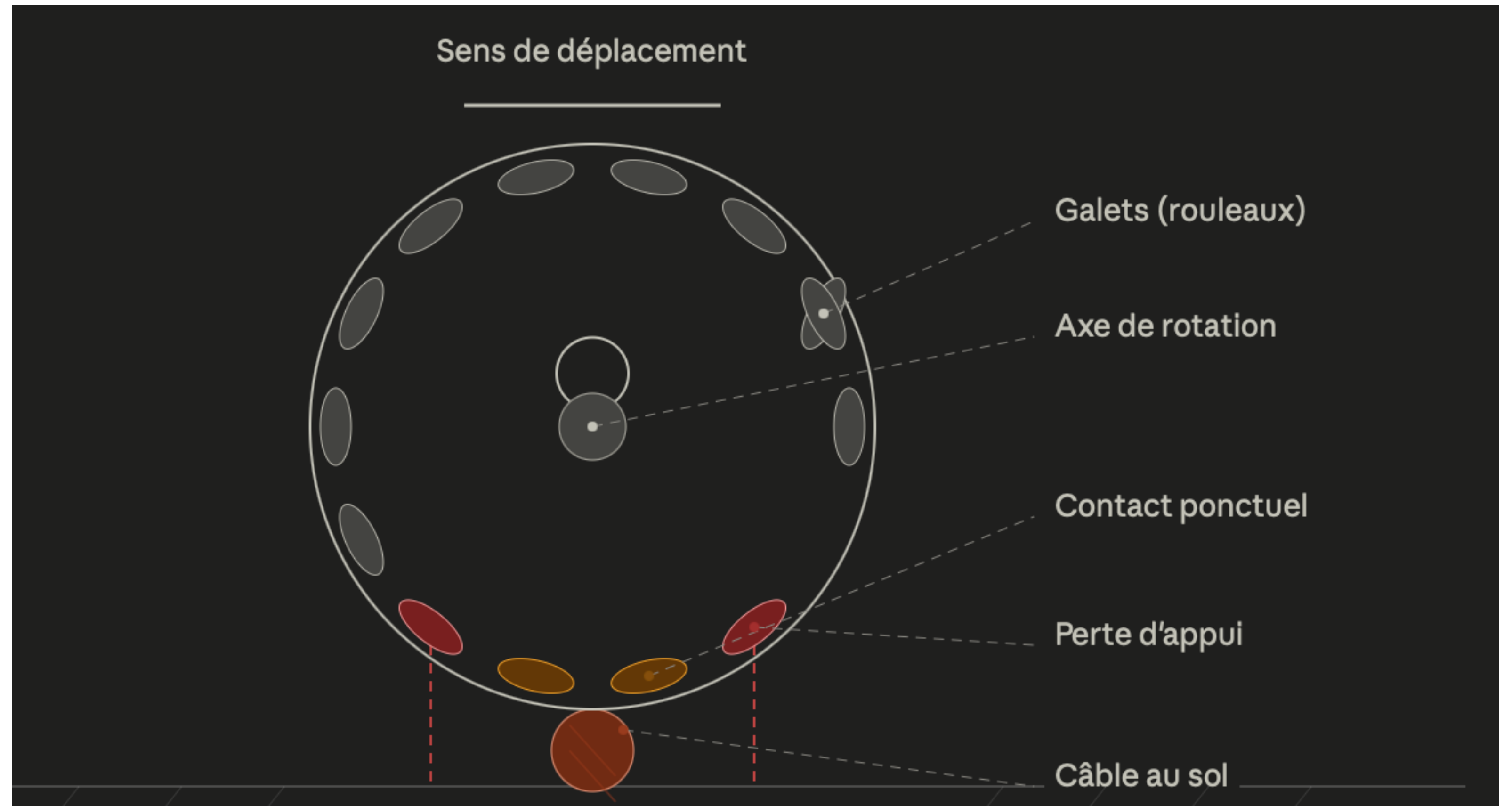
- Objectif : Ne pas amplifier les bruits de mesure (poussière, micro-glissements)
- Outil :
Conditionnement de la matrice (K), $K(Jn) = 1$
- Résultat : isotropie parfaite trouvée = pour une orientation de chaque roue de 120°



Limites du modèle cinématique

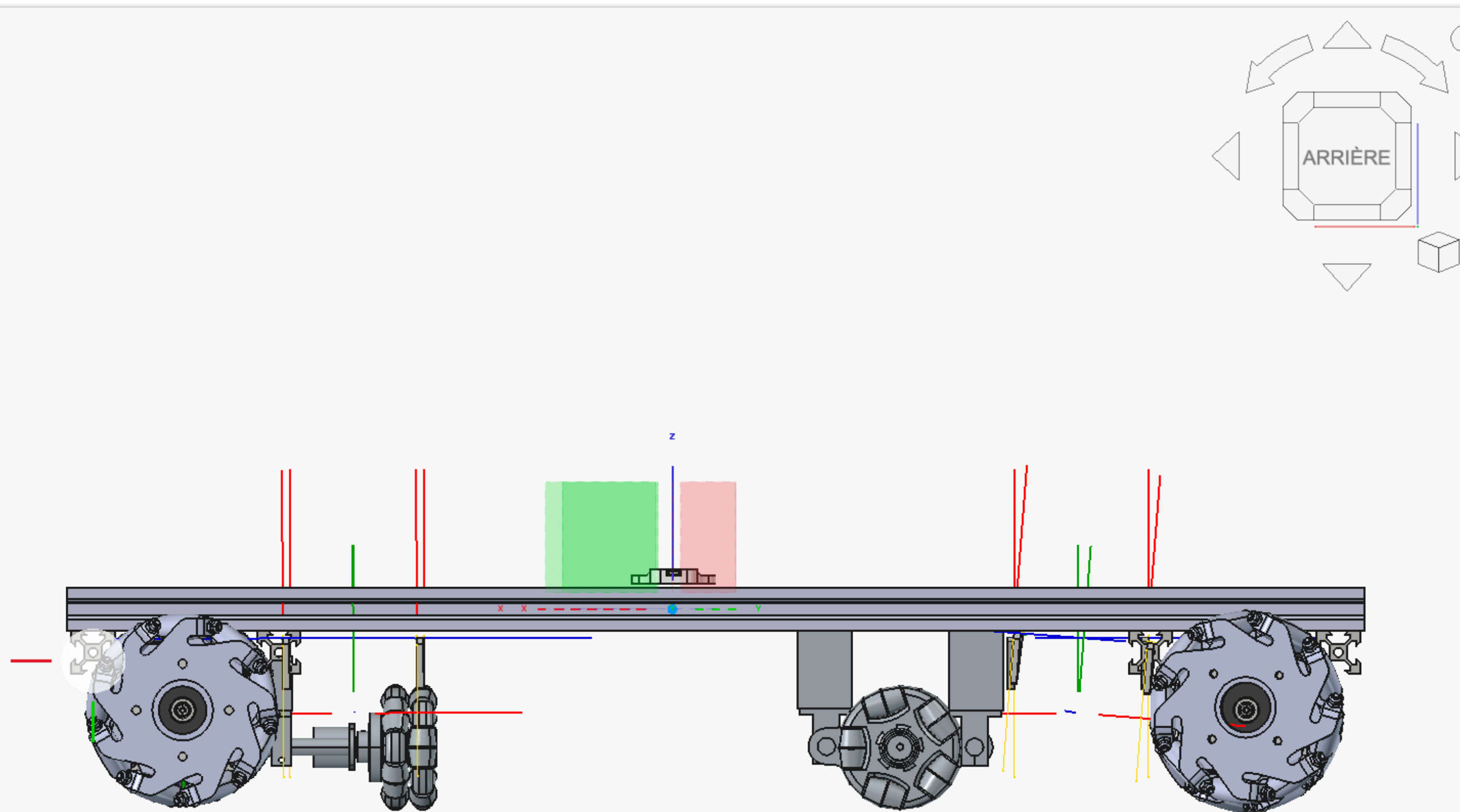
Conséquence d'une perte d'adhérence au sol

- Condition absolue : Roulement pur (sans glissement)
- Faille physique : Pertes d'adhérence & défauts d'appui
- Conséquence : Erreurs locales = Corruption de la matrice globale



Intégration mécanique et modélisation CAO

Adaptation du châssis à la réalité mécanique

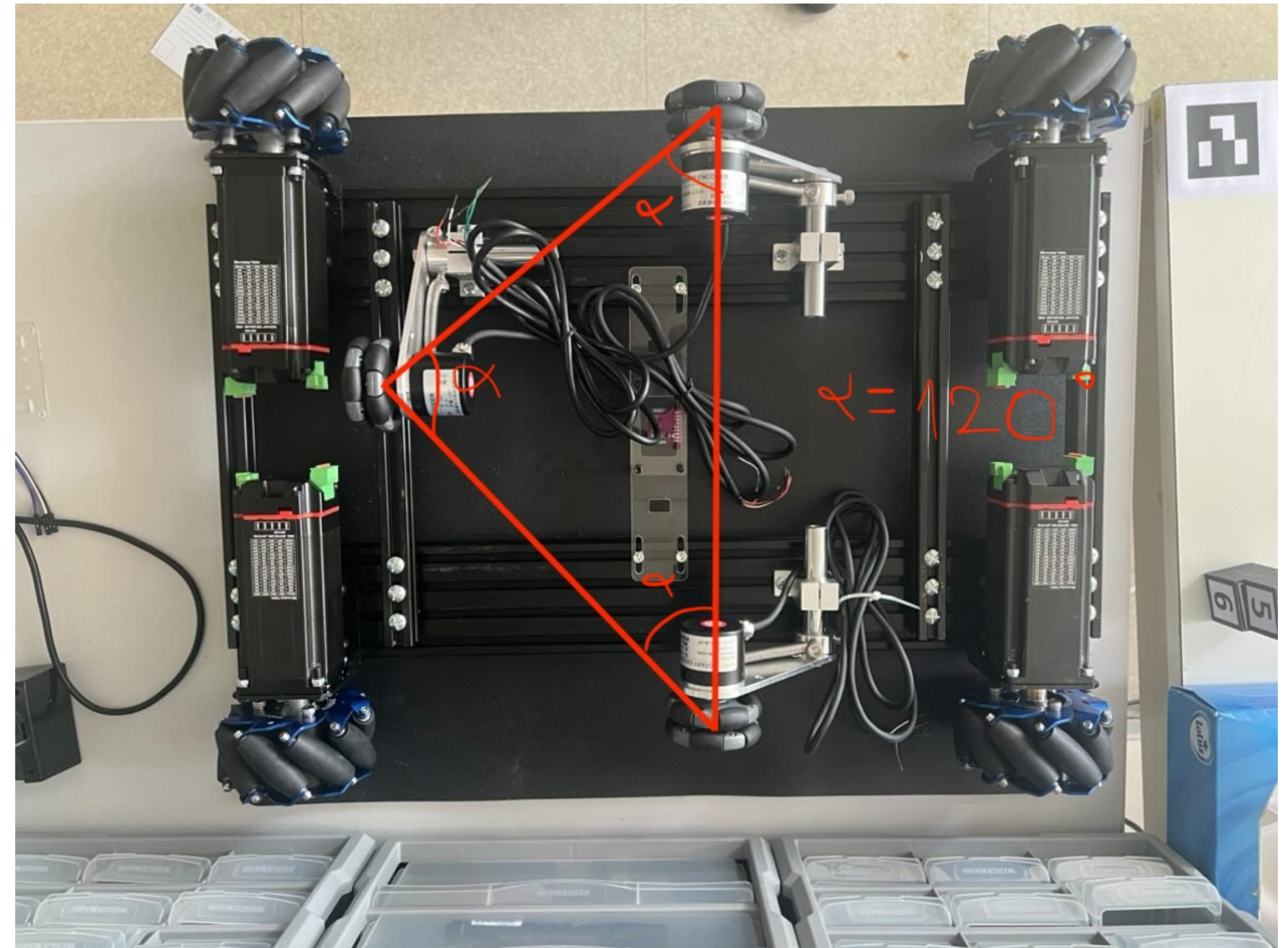


- Adaptation au châssis rectangulaire 600x327 mm
- Problème : Différence de diamètre des roues (mecanum diam. 100mm VS roues codeuses)
- Solution : Conception de cales d'espacement

Optimisation spatiale

L'intégration du modèle à la réalité physique

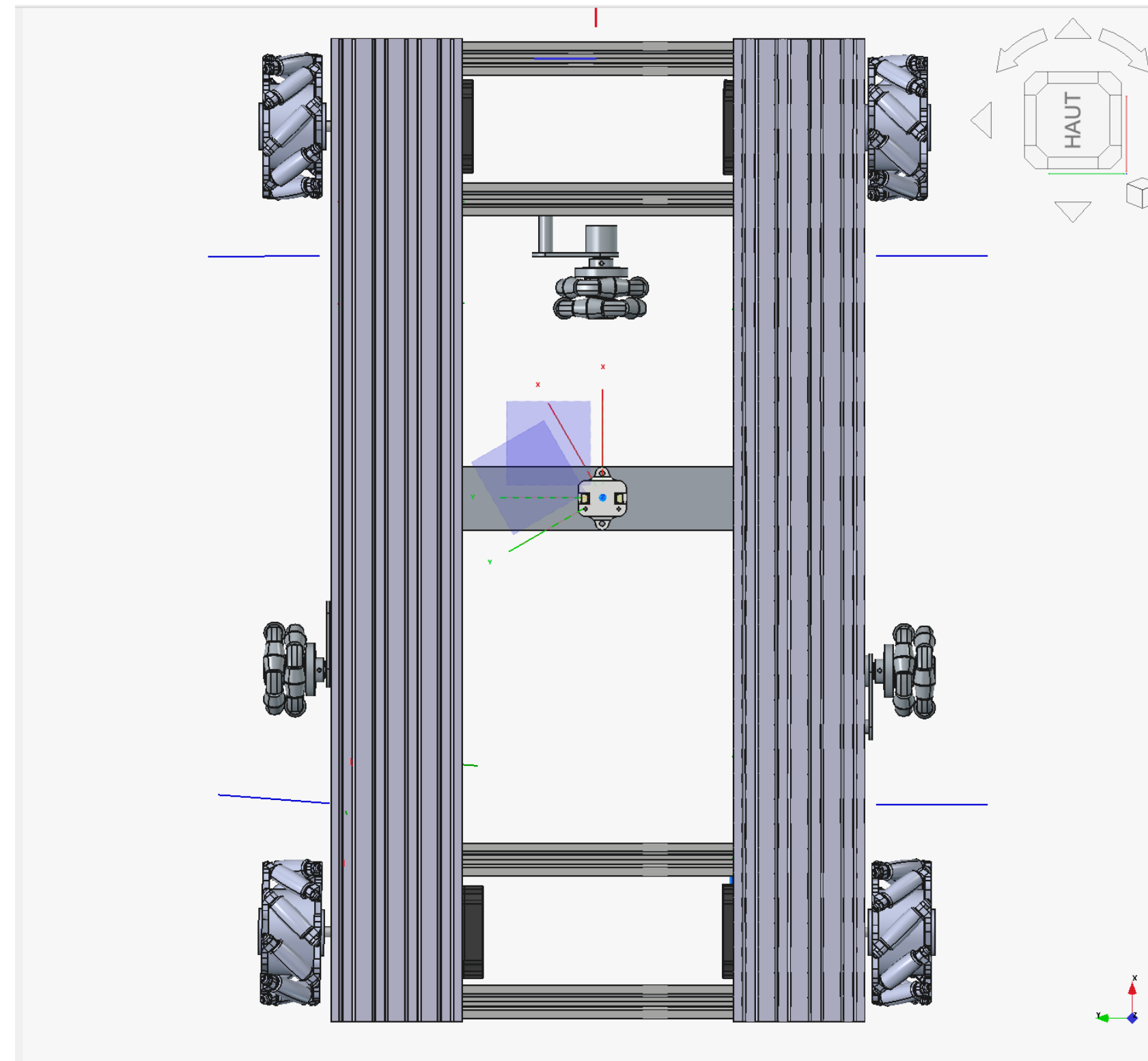
- Théorie : Répartition isotrope à 120° obligatoires
- Contrainte : Châssis rectangulaire 600x327 mm
- Le compromis : Triangle équilatéral maximisé
 - Angles de mesure conservés (0° , 120° , 240°)
 - Bras de levier physique optimisé pour la rotation θ



Intégration de l'IMU au centre de masse

Intégration cao et dans la réalité matérielle

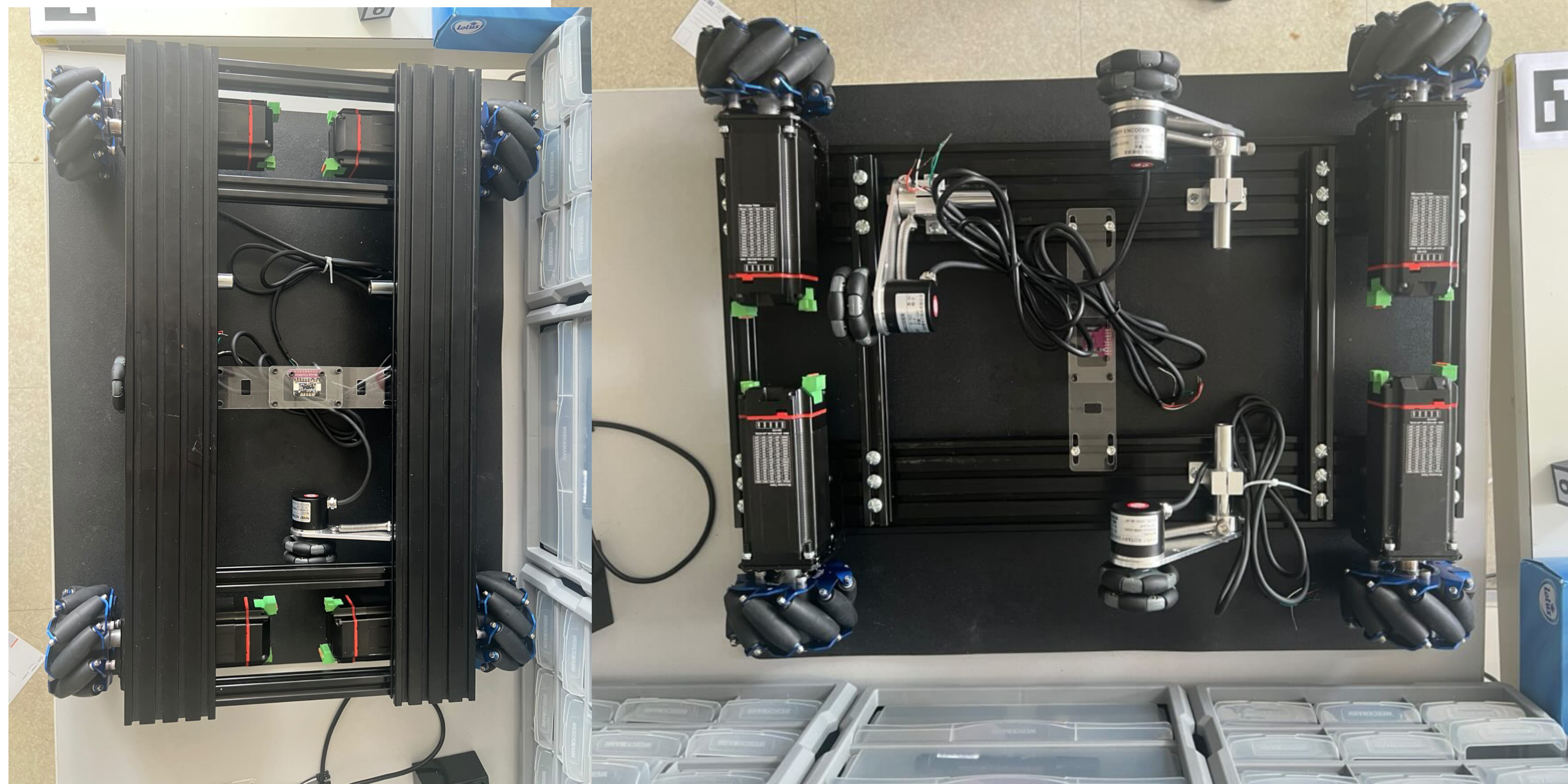
- Capteur : IMU, Adafruit ISM330DHCX (mesure de lacet θ')
- Problème physique : parasite par les lois de composition des accélérations
- Solution mécanique : Plaque d'intégration centrale transparente
- Résultat : capteur ancré au centre de masse exacte du système



L'assemblage physique et intégration finale

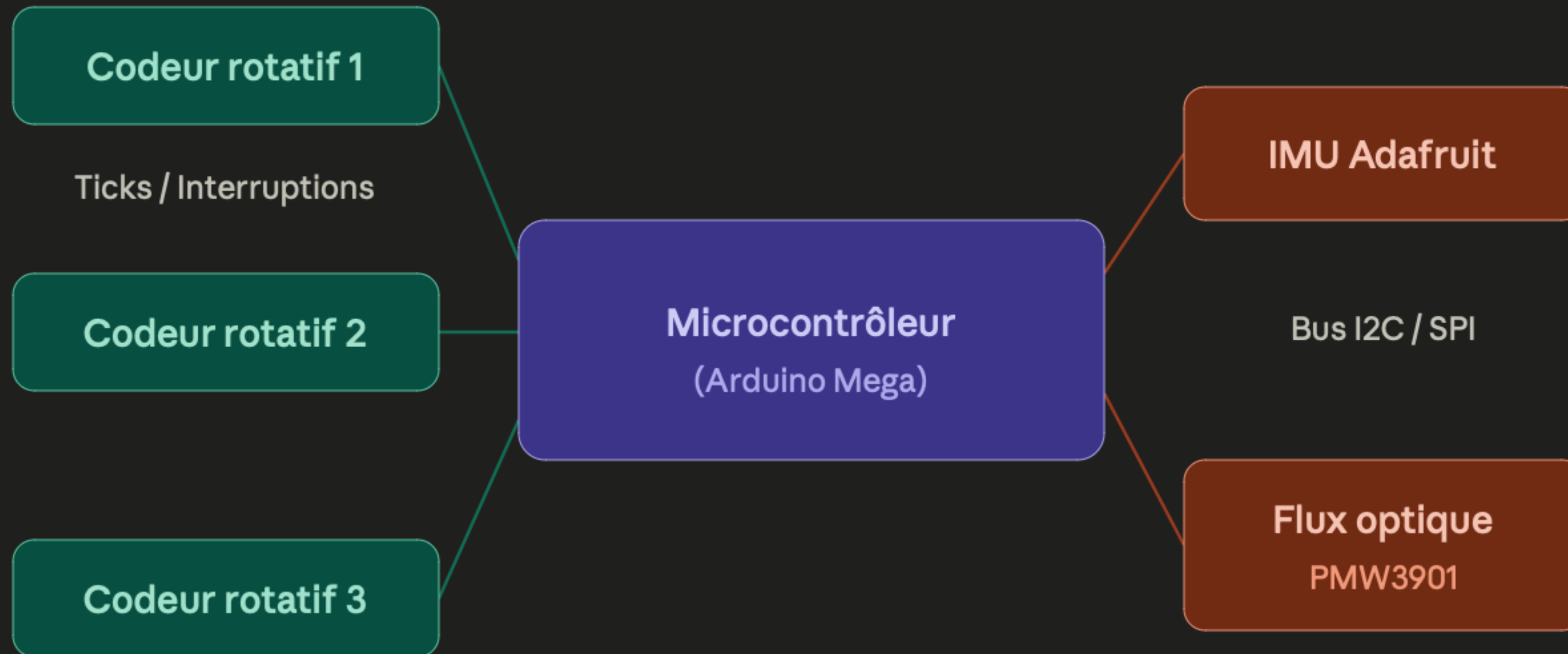
Conclusion de l'assemblage physique finale

- Validation mécanique de la CAO
- Respect stricte de la géométrie à 120°
- Intégration du capteur de flux optique (face au sol)
- Système prêt à être instrumenté



Architecture matérielle et acquisition

Schématisation en blocs de l'acquisition des données



- Centralisation des données sur Arduino Mega
- Lecture haute fréquence des encodeurs (interruptions matérielles)
- Redondance des mesures cinématiques

Stratégie Algorithmique

Le Filtre complémentaire

- Gyroscope (IMU) : Réactif (Hautes fréquences) mais dérive temporelle
- Odomètre / Optique : Bruité à court terme, mais stable (basses fréquences)
- Coefficients α et β : Indices de confiance dynamiques

$$\theta_k = \alpha(\theta_{k-1} + \dot{\theta}_{gyro,k}\Delta t) + (1 - \alpha)\theta_{odom,k}$$

$$V_{x,k} = \beta V_{x,odom,k} + (1 - \beta)V_{x,optique,k}$$

$$V_{y,k} = \beta V_{y,odom,k} + (1 - \beta)V_{y,optique,k}$$

Protocole de validation expérimentale

4 mouvements à expérimenter



- Translations pures : Etalonnage des roues de mesure (Axes X et Y)
- Rotations pures sur place : Calibration du gyroscope (IMU)
- Défauts d'appui : Test des suspensions (micro-obstacles)
- Glissement global : Rejet de l'erreur par le filtre¹³

Bilan et conclusion

- Fondations théoriques validées (modèle et isotropie)
- Plateforme matérielle et opérationnelle
- Architecture de filtrage prête à l'implémentation