

Guide Calibration SO-ARM 101

Phase 3 : Calibration des limites de mouvement

Service Ecoles Médias (SEM)

📋 Prérequis

- Phase 1 complétée (LeRobot installé)
- Phase 2 complétée (Servos configurés avec IDs 1-6)
- Bras monté mécaniquement
- Scripts SEM installés depuis GitHub
- Environnement `lerobot` activé

🎯 Objectif de la calibration

Pourquoi calibrer ? La calibration définit les limites de mouvement sécurisées pour chaque servo. Sans calibration, les servos pourraient forcer contre les butées mécaniques et s'endommager.

La calibration permet de :

- **Définir les limites MIN et MAX** de chaque servo
- **Calculer automatiquement le centre** (position de repos)
- **Protéger le matériel** contre les mouvements hors limites
- **Optimiser l'amplitude** de mouvement disponible

🔧 Étape 1 : Préparation

Activation de l'environnement

```
# Activer l'environnement conda
conda activate lerobot

# Se placer dans le dossier des scripts
cd ~/lerobot/SO-ARM-101/scripts

# Vérifier que le script est présent
ls SEM_so101_calibrate.py
```

Vérification du matériel

Élément	Leader	Follower
Adaptateur USB	Branché et détecté	Branché et détecté
Alimentation	5V 3A active	5V ou 12V active
Servos	Tous configurés (ID 1-6)	Tous configurés (ID 1-6)
Montage	Bras assemblé	Bras assemblé

⚠ **Attention** : Avant de calibrer, assurez-vous que le bras peut bouger librement sans obstruction. Éloignez tout objet qui pourrait gêner le mouvement.

Étape 2 : Lancement du script de calibration

Démarrage

```
python SEM_so101_calibrate.py
```

Sélection du bras

```
=====
CALIBRATION SO-ARM-101
Service Ecoles Médias (SEM)
=====

Quel bras ?
  1 - LEADER (avec poignée)
  2 - FOLLOWER (avec pince)
Choix (1 ou 2) : _
```

Entrez **1** pour le Leader ou **2** pour le Follower.

Menu principal

```
[ROBOT: FOLLOWER]
=====
MENU PRINCIPAL:
  1-6 : Calibrer UN servo spécifique
  T   : Calibrer TOUS les servos
  V   : Voir calibration actuelle
  Q   : QUITTER et sauvegarder
=====

follower> _
```

🔔 **Conseil** : Pour une première calibration, utilisez **T** pour calibrer tous les servos d'un coup. Pour des ajustements, utilisez les numéros 1-6.

🔧 Étape 3 : Procédure de calibration

Principe de la calibration

Pour chaque servo, vous devez :

1. **Bouger manuellement** le servo jusqu'à une butée (extrême 1)
2. **Valider** cette position avec ENTRÉE
3. **Bouger** jusqu'à l'autre butée (extrême 2)
4. **Valider** cette seconde position
5. Le script **calcule automatiquement** le centre et les limites
6. Le servo se **recentre automatiquement** en douceur

Exemple pratique : Calibration du servo 3 (Coude)

```
=====
SERVO 3 : COUDE
=====

-> Bougez le servo a une BUTEE (extreme 1)
    Appuyez ENTREE...
    Position 1 = 512

-> Bougez le servo a l'AUTRE BUTEE (extreme 2)
    Appuyez ENTREE...
    Position 2 = 3584

NOUVELLE CALIBRATION:
    MIN      : 512
    CENTRE   : 2048
    MAX      : 3584
    Amplitude : 3072

-> Centrage dans 2 secondes...
-> Centrage en douceur...
OK: Servo recentré et libéré
[Sauvegarde automatique effectuée]
```

✓ **Important** : La sauvegarde est automatique après chaque servo. Vous ne perdrez jamais votre travail !

🔧 Étape 4 : Calibration complète (option T)

L'option **T** permet de calibrer les 6 servos à la suite :

Ordre de calibration

1. **BASE** - Rotation horizontale du bras complet
2. **ÉPAULE** - Lève/baisse le bras entier
3. **COUDE** - Plie/déplie l'avant-bras
4. **POIGNET FLEXION** - Incline la pince vers le haut/bas
5. **POIGNET ROTATION** - Tourne la pince gauche/droite
6. **PINCE/POIGNÉE** - Ouvre/ferme la prise

Tableau récapitulatif

À la fin de la calibration complète, un tableau s'affiche :

```
=====
TABLEAU RECAPITULATIF
=====
ID  Nom                MIN    CENTRE  MAX    Amplitude
-----
1   BASE                1024   2048    3072   2048
2   EPAULE              768    2304    3840   3072
3   COUDE               512    2048    3584   3072
4   POIGNET FLEXION     1280   2176    3072   1792
5   POIGNET ROTATION    1024   2048    3072   2048
6   PINCE/POIGNEE      1536   2560    3584   2048
=====
```

Note : Les valeurs ci-dessus sont des exemples. Vos valeurs seront différentes selon votre montage mécanique.

🔍 Étape 5 : Vérification et ajustements

Visualiser la calibration actuelle

Utilisez l'option **V** pour voir les valeurs enregistrées :

```
follower> V

CALIBRATION ACTUELLE (FOLLOWER) :
  Servo 1: MIN=1024, CENTRE=2048, MAX=3072
  Servo 2: MIN=768, CENTRE=2304, MAX=3840
  Servo 3: MIN=512, CENTRE=2048, MAX=3584
  Servo 4: MIN=1280, CENTRE=2176, MAX=3072
  Servo 5: MIN=1024, CENTRE=2048, MAX=3072
  Servo 6: MIN=1536, CENTRE=2560, MAX=3584
```

Recalibrer un servo spécifique

Si un servo nécessite un ajustement :

1. Tapez son numéro (1-6) dans le menu
2. Refaites la procédure de calibration
3. Les nouvelles valeurs remplacent automatiquement les anciennes

🌀 **Centrage doux** : Le script utilise une courbe sinusoïdale pour recentrer les servos en douceur. Cela évite les mouvements brusques qui pourraient stresser les mécaniques.

Sauvegarde finale

Utilisez **Q** pour quitter et confirmer la sauvegarde :

```
follower> Q
Calibration finale sauvegardée pour FOLLOWER
Fichier: ~/.cache/calibration/so101/follower_calibration.json
```

Comprendre les valeurs de calibration

Signification des valeurs

Paramètre	Description	Utilisation
MIN	Position minimale sûre	Limite basse du mouvement
MAX	Position maximale sûre	Limite haute du mouvement
CENTRE	Position médiane calculée	Position de repos/départ
Amplitude	MAX - MIN	Plage totale de mouvement

Différences Leader vs Follower

Leader : Les servos ont des ratios de réduction différents, ce qui peut donner des amplitudes variées :

- Servo 3 (Coude) : Amplitude souvent plus élevée (ratio 1:191)
- Servos 4-6 : Amplitudes plus faibles (ratio 1:147)

Follower : Tous les servos sont identiques (ratio 1:345), les amplitudes sont généralement plus uniformes.

Fichiers de calibration

Les calibrations sont stockées dans :

- `~/.cache/calibration/so101/leader_calibration.json`
- `~/.cache/calibration/so101/follower_calibration.json`

Dépannage

Problème	Cause possible	Solution
Port USB non détecté	Adaptateur débranché ou permissions	<code>sudo chmod 666 /dev/ttyACM*</code>
Servo ne bouge pas manuellement	Couple moteur actif	Normal au début, le script libère les servos
Amplitude très faible (< 500)	Butées mécaniques trop proches	Vérifier le montage mécanique
Amplitude très élevée (> 4000)	Normal pour certains servos	Particulièrement le servo 3 du Leader
Le servo force après calibration	Limites mal définies	Recalibrer ce servo spécifiquement
Calibration perdue	Fichier supprimé	Refaire la calibration (option T)

Conseils pratiques

1. **Calibrez après chaque remontage** : Si vous démontez/remontez des servos, recalibrez-les
2. **Testez les limites** : Utilisez le script de contrôle (Phase 4) pour vérifier que les limites sont bien respectées
3. **Soyez doux** : Ne forcez jamais les servos contre les butées
4. **Amplitude normale** : Entre 1500 et 3500 pour la plupart des servos
5. **Sauvegarde automatique** : Pas besoin de sauvegarder manuellement, c'est fait après chaque servo

Commandes de référence

```
# Installation des scripts (si pas déjà fait) cd ~/lerobot git clone
https://github.com/yanko-sem/SO-ARM-101.git # Utilisation conda activate
lerobot cd ~/lerobot/SO-ARM-101/scripts python SEM_so101_calibrate.py # Options
du menu T - Calibrer tous les servos V - Voir la calibration actuelle 1-6 -
Calibrer un servo spécifique Q - Quitter et sauvegarder
```

Notes finales

✓ Calibration réussie quand :

- Tous les servos bougent librement dans leurs limites
- Aucun servo ne force en position extrême
- Les amplitudes sont cohérentes (ni trop faibles, ni excessives)
- Le centrage automatique fonctionne pour tous les servos

🎯 **Objectif atteint :** Votre robot est maintenant calibré et prêt pour la téléopération ! Les scripts de contrôle et d'entraînement utiliseront automatiquement ces valeurs de calibration pour protéger votre matériel.