

## Motors & MotionLab

Etude d'une solution industrielle de contrôle de moteurs CC, brushless et pas-à-pas

### Descriptif du support pédagogique

Afin de faciliter les apprentissages relatifs à la **mise en œuvre** d'actionneurs électriques sur les systèmes embarqués, ERM a conçu une plateforme **performante, modulaire et composée de véritables solutions industrielles**, le « Motors & MotionLab ».

Les différents sous-ensembles de ce produit permettent de réaliser des **études théoriques** et des **expériences** autour des principaux composants utilisés dans les systèmes industriels embarqués :

#### Actionneurs :

- Moteurs CC
- Moteurs Brushless
- Moteurs linéaires
- Moteurs pas-à-pas

#### Communication :

- Communication USB
- Bus CAN & CANOpen

#### Electronique embarquée :

- 1 Carte de pilotage moteurs avec programmation embarquée
- 1 Carte d'entrées/sorties

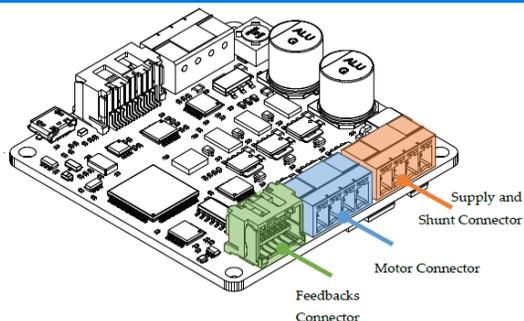
#### Pilotage / Asservissement :

- Régulation P, PI, PID
- Asservissement en couple, vitesse et position

De plus, la **suite logicielle** utilisable pour le paramétrage et la réalisation des campagnes d'essais (Motion Lab) apporte **flexibilité** et **rapidité de mise en œuvre** aux activités de formation.

Ce produit est également accompagné d'un dossier technique et pédagogique sous format numérique comprenant :

- ✓ Site HTML avec les activités, projets, et ressources numériques
- ✓ Sources de programmation, Schémas fonctionnels, Notices de paramétrage...
- ✓ Fiches techniques des composants



### Architecture du produit & Références

L'offre « Motors & Motion Lab » est constituée des références suivantes :

- **MT10:** Motors & Motion Lab (Pack de base avec moteur CC Maxon et moteur brushless Nanotec)
- **MT11:** Moteur CC linéaire (Voice coil)
- **MT12:** Moteur pas-à-pas
- **MT13:** Moteur brushless
- **MT15:** Passerelle CAN/USB pour mise en œuvre d'un bus CAN/CANOpen

Les principaux composants du pack de base MT10 sont :

- Une **carte industrielle de contrôle moteurs pour entraînement** (Ingenia Pluto) avec communications **USB et CANOpen**
- Une **carte industrielle de contrôle moteurs pour charge active** (Ingenia Pluto) avec communications **USB et CANOpen**
- Un **moteur à courant continu** avec **codeur incrémental 500 pt/tour**
- Un **moteur Brushless** avec capteur MRE à effet Hall (Pouvant être utilisé en entraînement ou en charge avec la carte de contrôle moteurs dédiée à la charge)
- Un **logiciel de paramétrage, programmation et acquisition temps réel** (Ingenia Motion Lab) échantillonnage max = 1 ms
- Une alimentation 24V DC
- Une platine d'expérimentation avec supports moteurs, connectiques et plusieurs **volants d'inertie**

### Descriptif des activités réalisables à partir du « Motor & Motion Lab »

Les principales activités proposées avec le « Motors & Motion Lab » sont :

- Etude théorique : **modélisation mathématique des moteurs électriques**
- **Comparaison des modèles théoriques et systèmes réels** par expérimentations
- **Interprétation des écarts** et proposition d'amélioration des modèles
- Identification des caractéristiques électriques et mécaniques par commande en boucle ouverte (vitesse constante et commande sinusoïdale)
- Prédiction de la stabilité du système par l'analyse des réponses fréquentielles en boucle ouverte (Bode B.O)
- Influence et optimisation des correcteurs **P, PI et PID pour un asservissement en vitesse ou en position**
- Utilisation d'une méthode d'optimisation de correcteur d'asservissement automatique (autotuning).
- **Analyse des protocoles de communication CAN et CANOpen**
- **Programmation et mise en œuvre de composants électroniques embarqués**

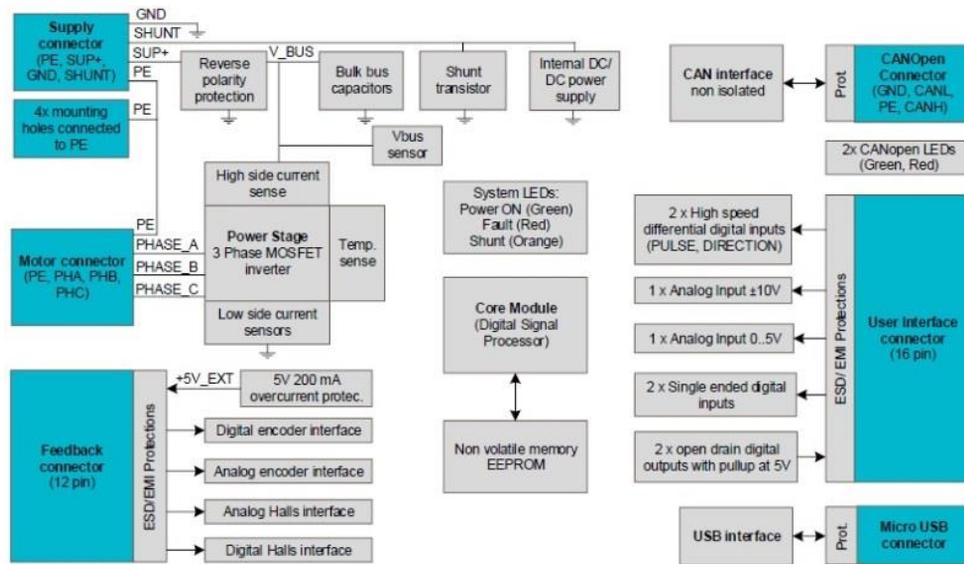
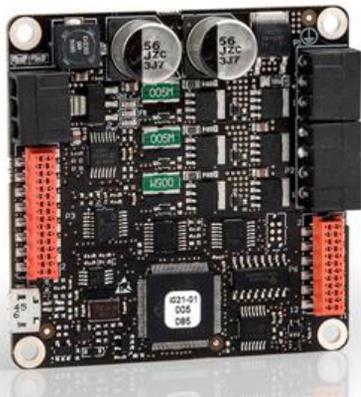
La **programmation est facilitée** par l'interface Ingénia, **très intuitive et documentée**.

Ce qui permet aux élèves d'utiliser ce système dans le cadre de **projets pédagogiques**.





Architecture de la carte de contrôle moteurs Ingénia Pluto



Carte industrielle de contrôle moteurs Ingénia Pluto → Dans MT10

Principales caractéristiques:

- **Ratio puissance/compacité très important** idéal pour les systèmes embarqués
- Adaptée à la commande de nombreux types de moteurs (**CC, Brushless, Pas-à-pas, Linéaire CC**)
- **Contrôle de position, vitesse et force/couple**
- **Programmation de profils** de mouvements
- Tension d'alimentation: **12 à 48V**
- **Intensité continue: 8A – Intensité en pic: 16A**
- Communications **USB et CANOpen**
- Dimensions: 60x60x15mm
- 4 entrées digitales et 2 entrées analogiques
- 2 sorties digitales



Activités pédagogiques

- ✓ Comparaison des modes de **commande des moteurs brushless et CC**
- ✓ Etude du **moteur brushless et des capteurs associés** (Effet hall): démarrage avec et sans capteurs...
- ✓ Identification des caractéristiques électriques et mécaniques par **commande en boucle ouverte** (vitesse constante et commande sinusoïdale)
- ✓ Prédiction de la **stabilité du système** par l'**analyse des réponses fréquentielles** en boucle ouverte (Bode B.O)
- ✓ Influence et optimisation des correcteurs **P, PI et PID** pour un asservissement en **vitesse, position et couple**
- ✓ Utilisation d'une méthode d'optimisation de correcteur d'asservissement automatique (**autotuning**).
- ✓ Analyse des **protocoles de communication CAN et CANOpen**
- ✓ Programmation et mise en oeuvre de composants électroniques embarqués

Moteur à courant continu avec codeur incrémental → Dans MT10

Principales caractéristiques:

- Tension d'alimentation 24V DC
- Vitesse nominale 5100 rpm
- Couple nominal 12,9 mNm
- Résistance 17,9 Ohm
- Inductance 1,69 mH
- Constante de couple 28,3 mNm/A
- Constante de vitesse 337 rpm/V
- Gradient de vitesse / couple 213 rpm / mNm
- Inertie du rotor : 11,2 gcm<sup>2</sup>



Moteur brushless avec capteur à effet Hall → Dans MT10 et Option MT13

Principales caractéristiques:

- Resistance Line-to-Line: 0,8 Ohm
- Inductance Line-to-Line: 1,2 mH
- Inertie du rotor: 48 gcm<sup>2</sup>
- Constante de couple : 3,6 Ncm/A
- Courant de crête : 10,6 A
- Couple Max : 38 Ncm



Moteur Pas-à-pas → Option MT12

Principales caractéristiques:

- *Sélection en cours*



Moteur CC linéaire (Voice coil) → Option MT11

Principales caractéristiques:

- Tension d'alimentation 24V DC
- Course: 3.18mm
- Force nominale 5.07 N
- Résistance 17,1 Ohm
- Inductance 2.8 mH
- Constante de vitesse 0.1 m/s/V

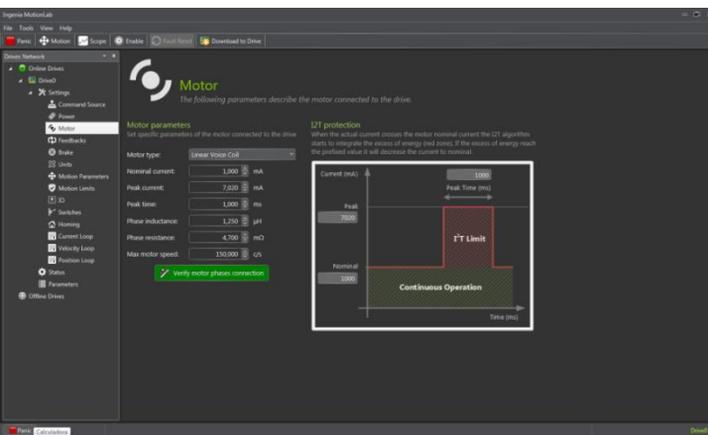


Logiciel de paramétrage, programmation et acquisition temps réel (Ingenia MotionLab)

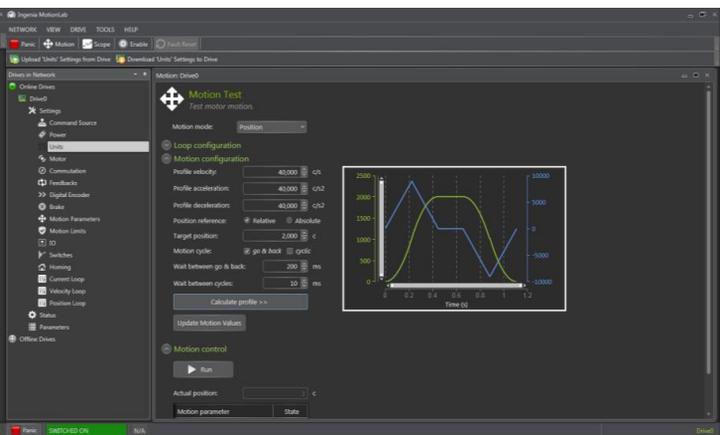
Principales fonctionnalités du logiciel Ingenia MotionLab:

- Configuration rapide des paramètres de contrôle moteurs avec écrans et boîtes de dialogue intuitifs
- Configuration de mouvements suivant des profils de position, vitesse, force/couple et homing
- Scope virtuel pour suivi/enregistrement des signaux et exportation des données
- Environnement de programmation de macros pour combinaisons de mouvements (En mode Stand-alone)
- Auto-tune, Mode d'identification automatique du système avec proposition de paramètres correcteur et traçage du diagramme de BODE en BO et BF.

Nous proposons également une bibliothèque de programmes VIs (Labview) pour communiquer avec la carte Ingenia Pluto sur un bus CANOpen.



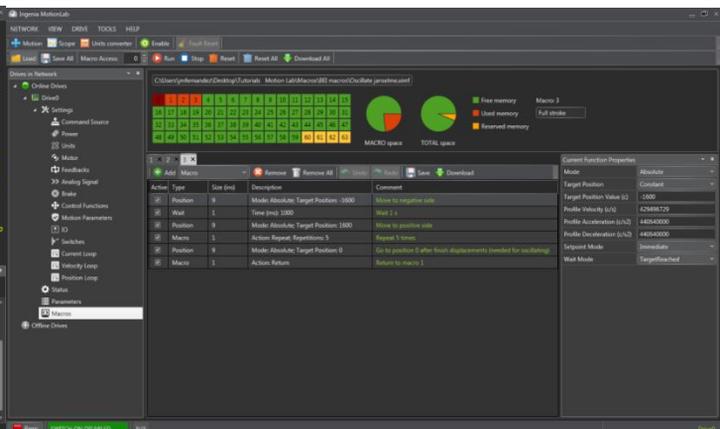
Configuration rapide des paramètres de contrôle moteurs avec écrans et boîtes de dialogue intuitifs



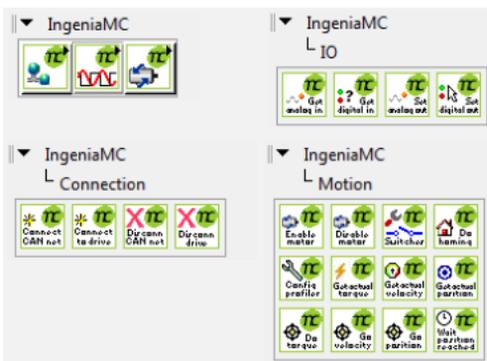
Configuration de mouvements suivant des profils de position, vitesse, force/couple et homing



Scope virtuel pour suivi/enregistrement des signaux et exportation des données

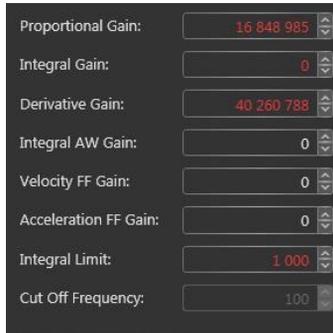
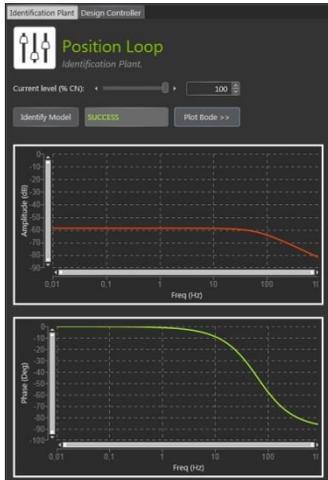


Environnement de programmation de macros pour combinaisons de mouvements (En mode Stand-alone)



Bibliothèque de programmes VIs (Labview) pour communiquer avec la carte Ingenia Pluto sur un bus CANOpen.

Auto-identification du système, proposition de paramètres pour le correcteur PID et traçage automatique du diagramme de BODE



**Exemple d'expériences menées sur un moteur Brushless**

Influence de l'ajout d'un paramètre Kd sur un asservissement en vitesse :

- Asservissement en vitesse (3000 tr/min) avec Kp seul = 115000 (images N°1) :
- Asservissement en vitesse (3000 tr/min) avec Kp et Kd, Kp = 115 000 et Kd = 70 000 (images N°2) :

Consigne en vert foncé et réponse du système en vert clair

Image N°1

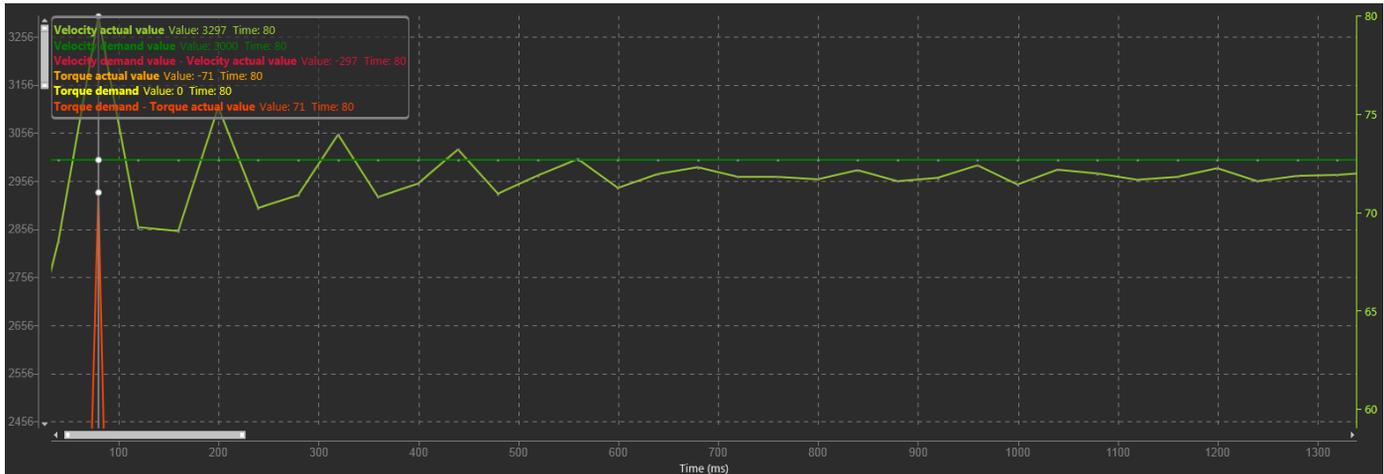


Image N°2

