

Le contrôle PID de A à Z

Le processus de conception

1. **Modélisation** – Déterminer une représentation mathématique du système
2. **Loi de commande** – Choisir une méthode de contrôle et concevoir le contrôleur
3. **Simulation** – Utiliser une approche point par point pour simuler le système complet
4. **Réglage et validation** – Intégrer la non-linéarité, les réglages et l'algorithme de contrôle
5. **Déploiement** – Implémenter sur le matériel le système de contrôle

Étape 1 : La modélisation

Utiliser une fonction de transfert pour la modélisation

Une fonction de transfert décrit par une relation mathématique ou un modèle le lien entre les entrées et les sorties d'un système

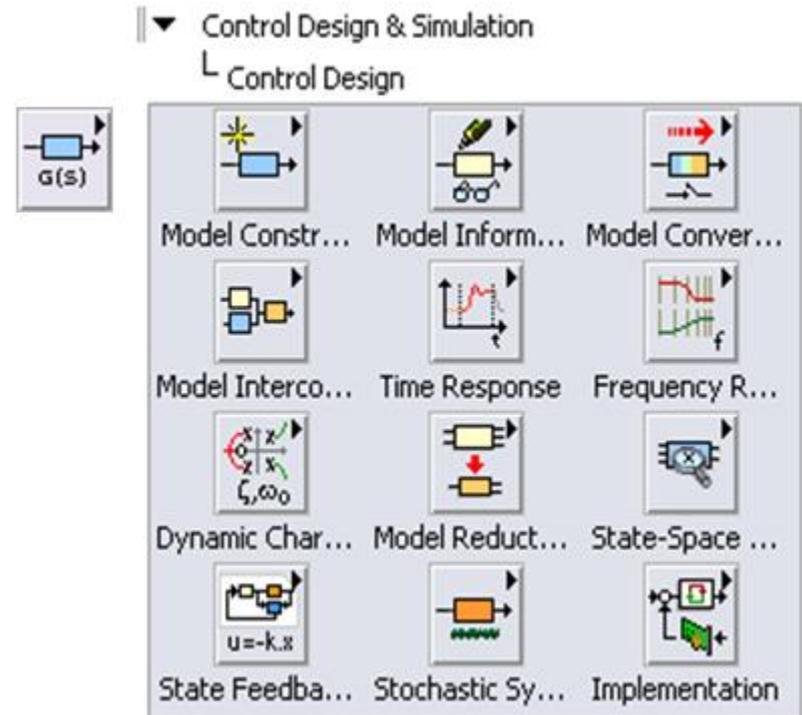
Dans ce cas, notre système est un moteur $\frac{\Omega_m(s)}{V_m(s)} = \frac{K_m}{J_{eq}R_m s + K_m}$

- Le moteur est piloté en tension
- La sortie du moteur est sa vitesse angulaire

Dans ce cas, le modèle du système est tiré du modèle physique d'un moteur. On peut également mesurer la réponse du moteur par rapport à un stimulus et en déduire le modèle grâce au Toolkit LabVIEW System identification.

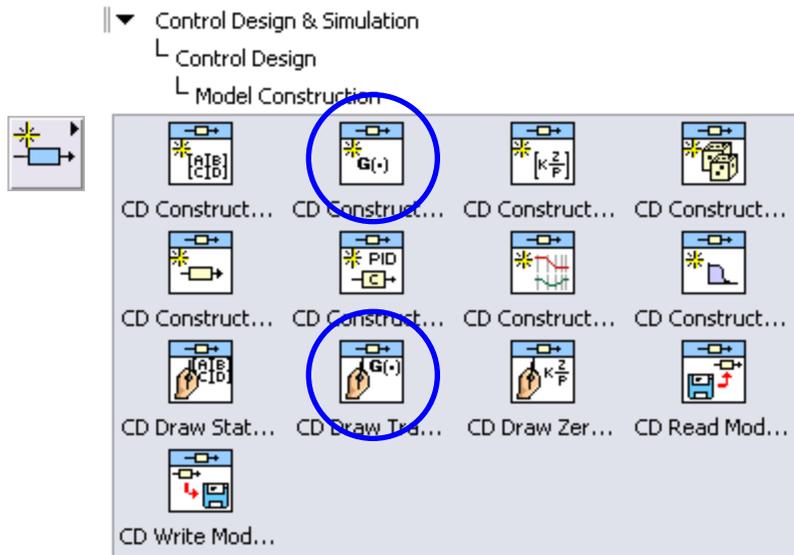
Toolkit LabVIEW Control Design

- Construction et analyse de modèles
- Conception d'algorithmes de contrôle simples et avancés
- Simulation de la réponse du contrôleur
- Analyser l'efficacité et la robustesse du contrôleur de manière interactive



Construire un modèle de manière graphique

- Création de modèles continus ou discrets
- Les modèles peuvent être décrits en symbolique



Plant

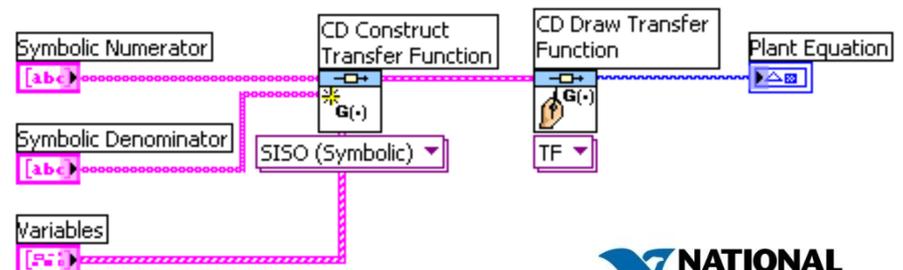
Symbolic Numerator
0 K

Symbolic Denominator
0 K^2 $J^2 R_m$

Variables

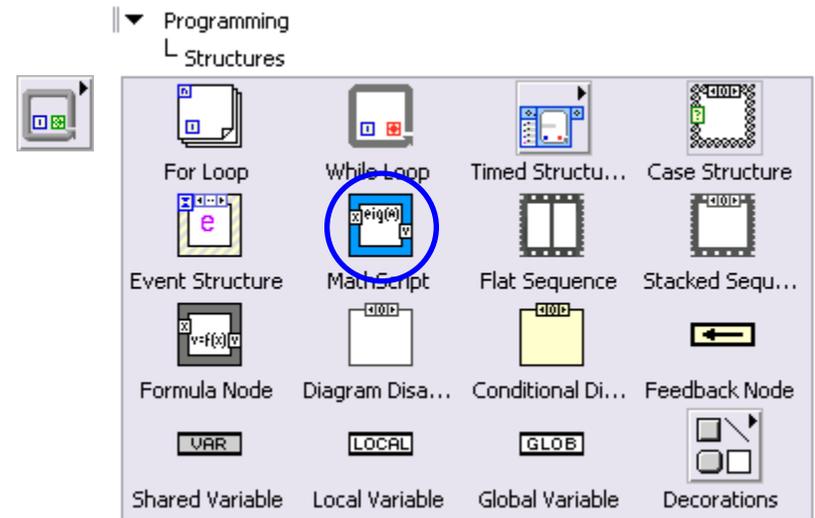
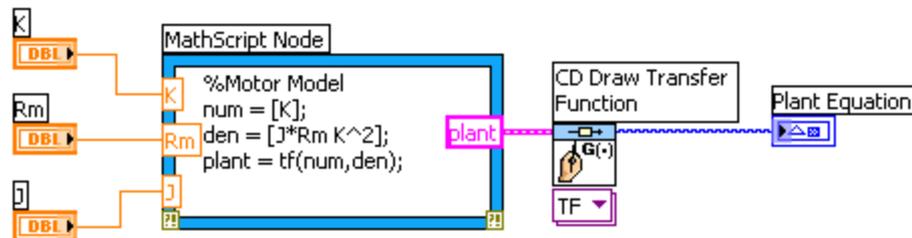
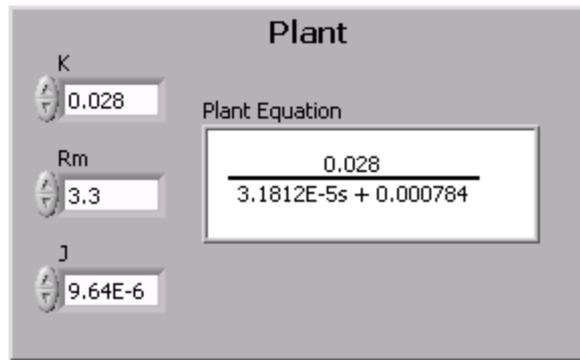
Name	Value
K	0.028
Rm	3.300
J	9.640E-6

Plant Equation

$$\frac{0.028}{3.1812E-5s + 0.000784}$$


Construire un modèle de manière textuelle

- Le Module MathScript RT permet de créer des modèles en utilisant la syntaxe des fichiers .m

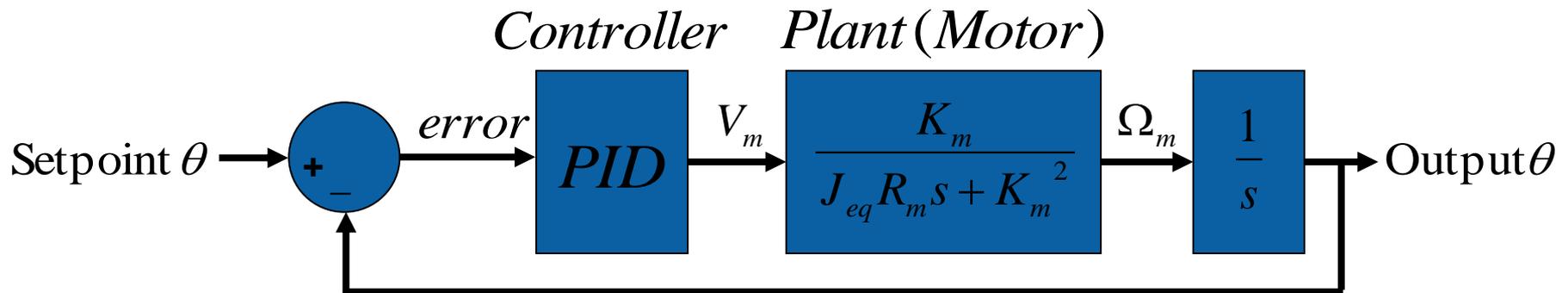


DÉMONSTRATION

Étape 2 : Le système de contrôle

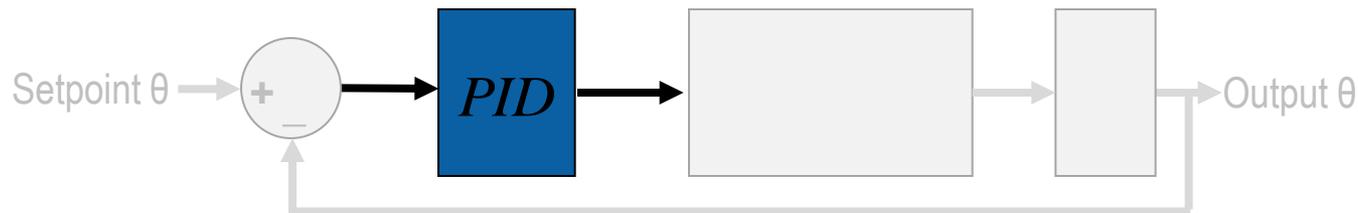
Qu'est-ce qu'un système de contrôle ?

- Un système de contrôle est composé d'un modèle du contrôleur et d'un modèle du système à contrôler
- Un système de contrôle peut être en boucle ouverte ou fermée



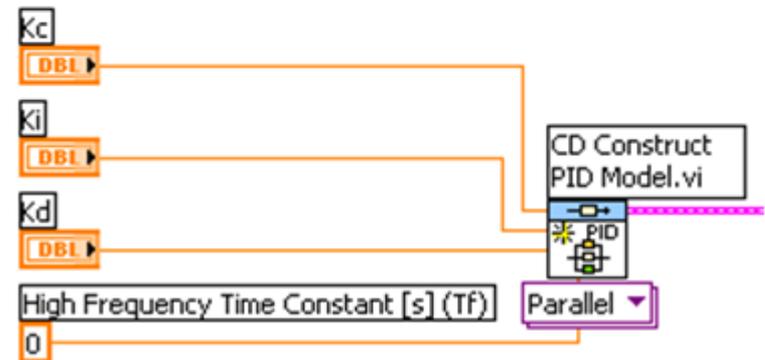
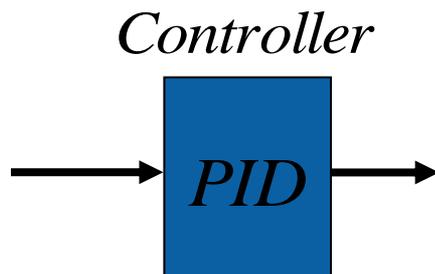
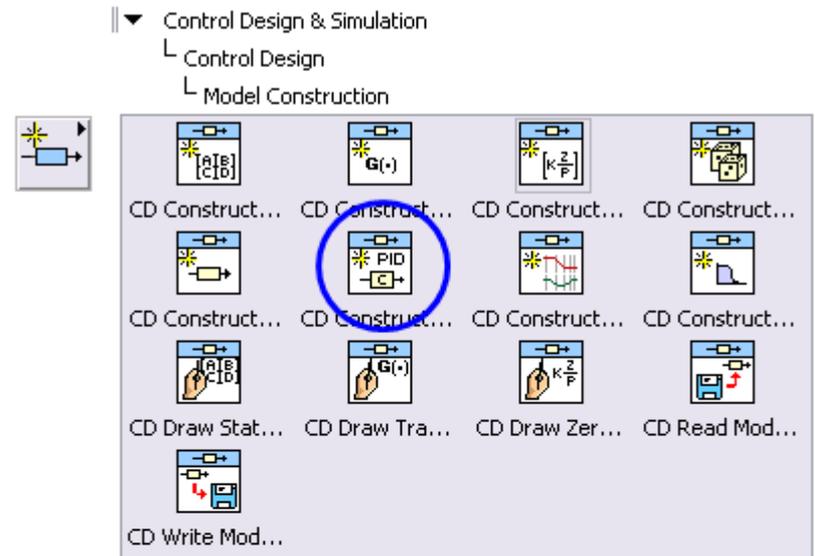
L'algorithme de contrôle PID

- PID est l'acronyme de Proportionnel, Intégral, Dérivé
- Algorithme très largement répandu en particulier pour les systèmes linéaires à une seule entrée et à une seule sortie (SISO)
- L'entrée du régulateur PID est l'erreur entre la consigne et la sortie du système
 - Action proportionnelle : réaction linéaire proportionnelle à l'erreur
 - Action dérivée : intervient lors de changements rapides
 - Action intégrale : intervient pour corriger l'erreur statique



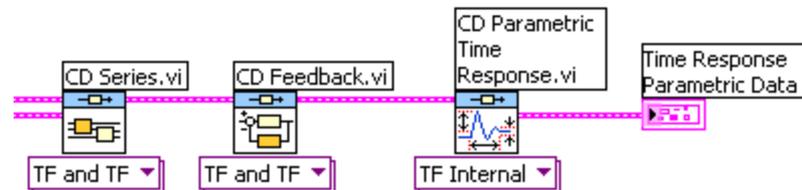
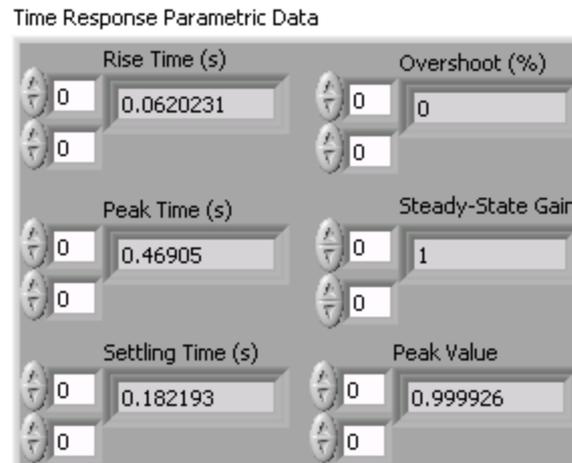
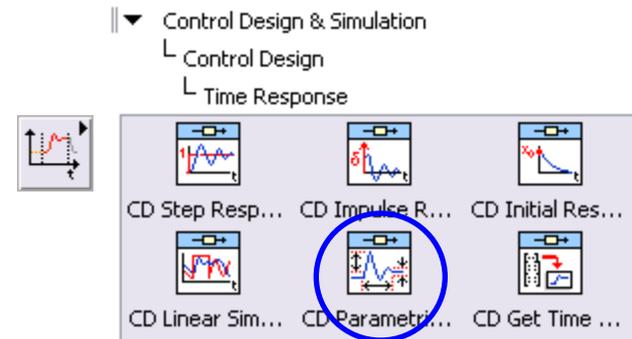
Concevoir un régulateur PID avec le Toolkit LabVIEW Control Design

- Création du modèle du PID sous la forme d'une fonction de transfert
- Le modèle du régulateur peut ensuite être interconnecté avec celui du système



Analyse du temps de réponse

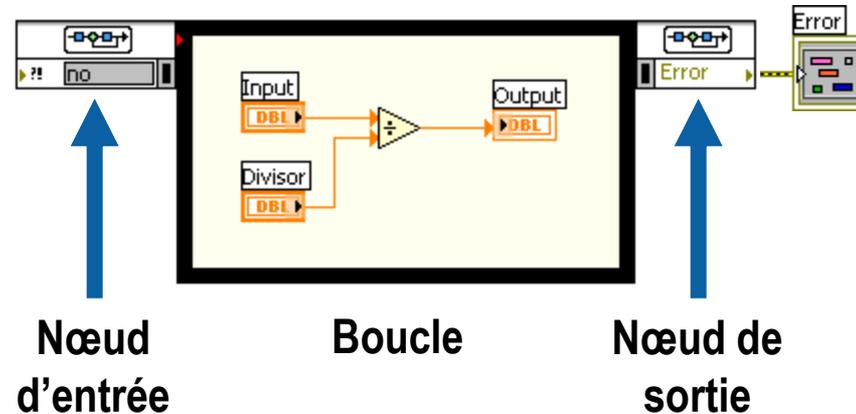
- Temps de réponse
- Dépassement
- Temps de montée
- Erreur statique



DÉMONSTRATION

Étape 3 : La simulation

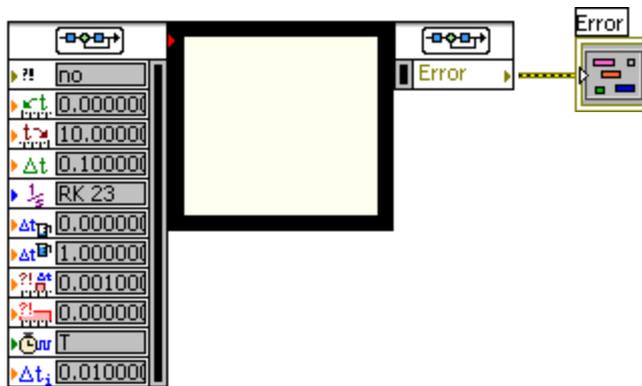
La boucle de simulation



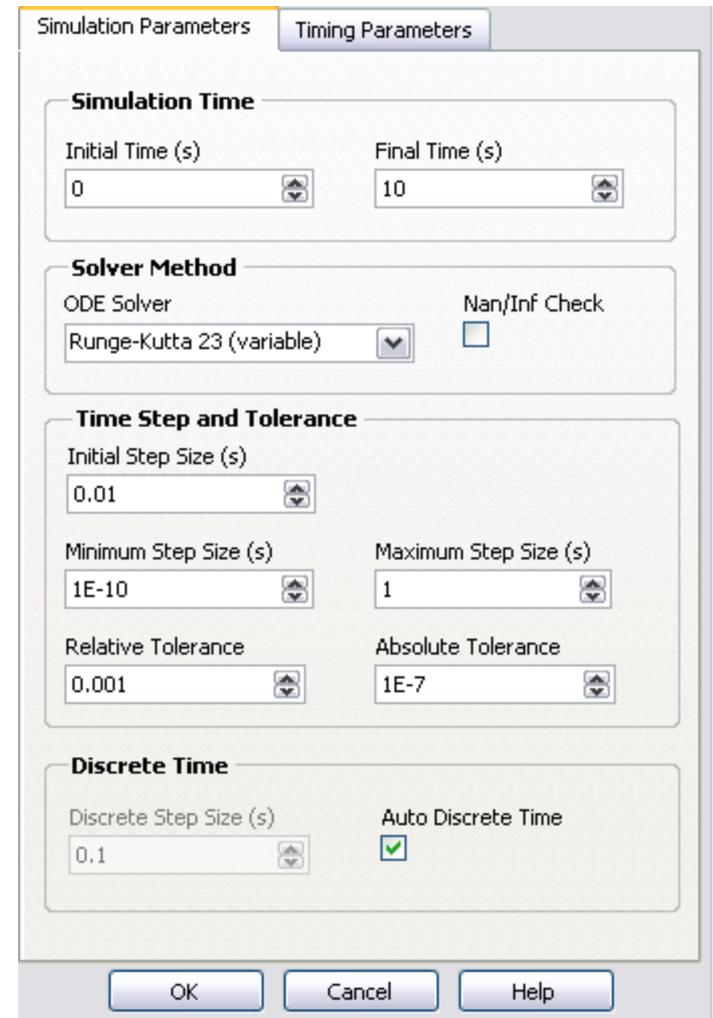
- Solveur d'équation différentielle intégrée
- Similaire à une boucle While avec une période de temps prédéfinie
- Incluse dans le module de simulation
- Configuration des paramètres de simulation en double cliquant sur le nœud d'entrée
- Gestion des erreurs de simulation par le nœud de sortie

Paramètres de la boucle de simulation

- Définition des paramètres de simulation par programmation possible en étirant le nœud d'entrée



- Fenêtre de configuration accessible en double cliquant sur le nœud d'entrée

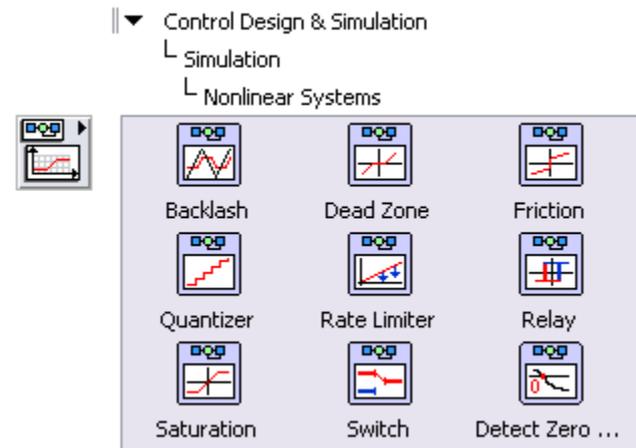


DÉMONSTRATION

Étape 4 : Réglage et validation

Gérer la non-linéarité

- Sources de non-linéarité
 - Saturation
 - Bruit
 - Frottements
- La non-linéarité implique des comportements différents entre le modèle idéal et le système réel



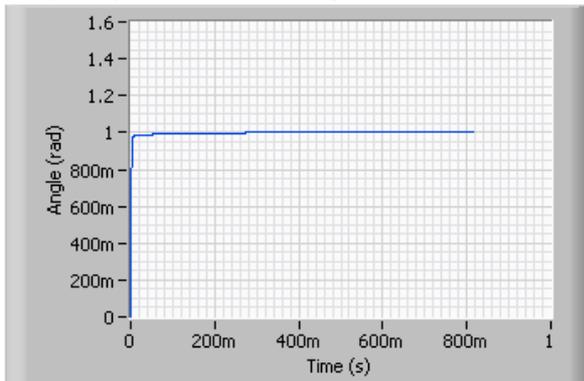
Exemple de non-linéarité

- L'ajout d'une fonction de saturation peut fortement influencer le comportement du modèle

Réponse idéale avec un modèle linéaire

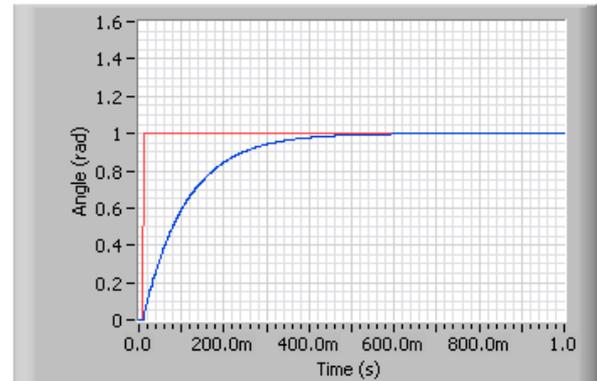
$$K_c = 10$$
$$K_i = 0$$
$$K_d = 1$$

Step Response: Control Design

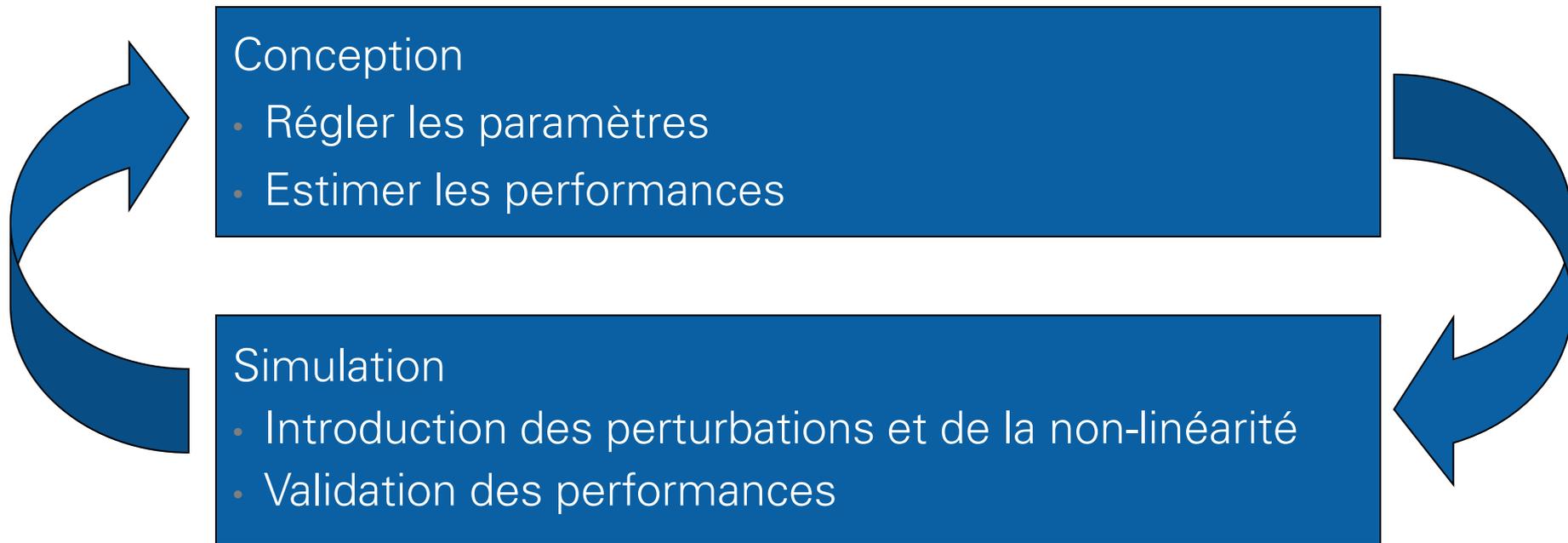


Même contrôleur mais avec l'ajout d'une fonction de saturation en simulation

Step Response: Simulation



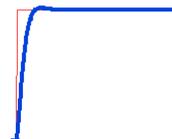
Optimisation du contrôleur



Optimisation du contrôleur par passes successives

Régler votre régulateur PID

- Réglage d'un régulateur PID en utilisant la réponse à un échelon :
 - Démarrer avec les gains suivants : $K_c = 1$, $K_i = 0$, and $K_d = 0$
 - Augmenter l'action proportionnelle (K_c) jusqu'à obtenir le temps de montée souhaité
 - Augmenter l'action dérivée (K_d) pour réduire le dépassement et le temps d'établissement
 - Augmenter l'action intégrale (K_i) pour réduire l'erreur statique si nécessaire

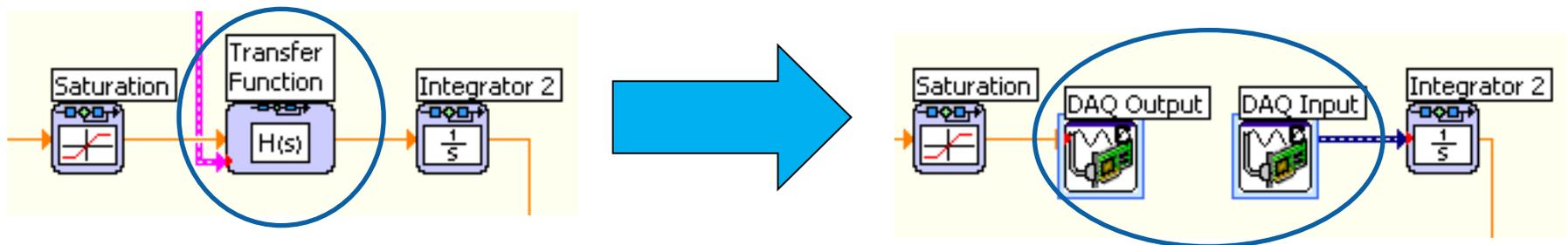


DÉMONSTRATION

Étape 5 : Déploiement

Déploiement

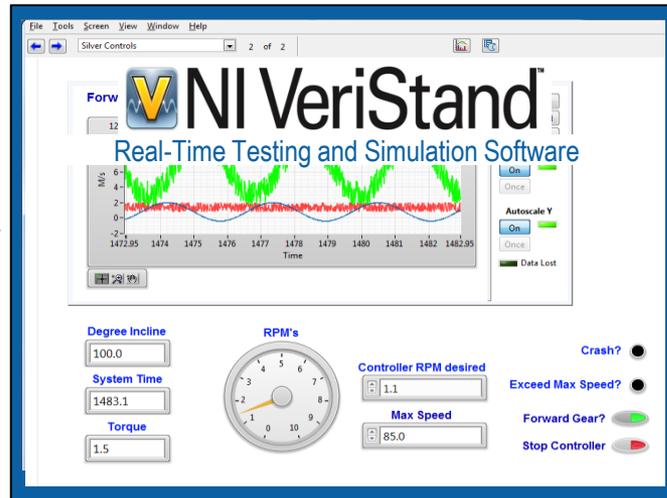
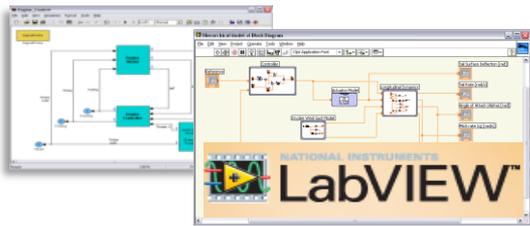
- Remplacer les modèles numériques par des systèmes réels
 - Remplacer le modèle du système par des E/S physiques
 - Il faut s'assurer que le cadencement des E/S est compatible avec les paramètres de la boucle de simulation



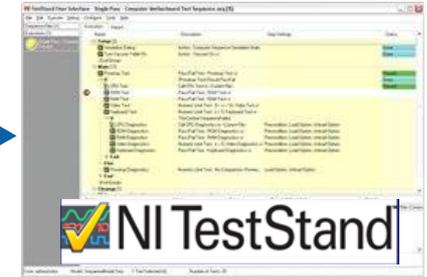
DÉMONSTRATION

Solutions NI : du modèle au test temps réel

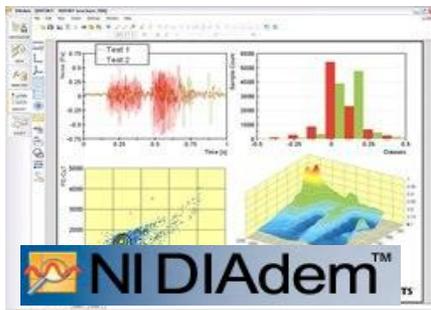
Modélisation et Simulation



Automatisation des tests



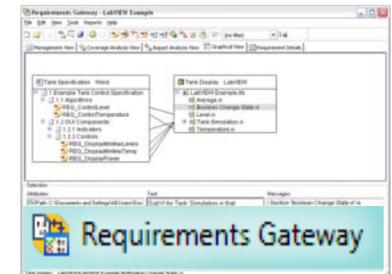
Analyses et rapport



Test Temps Réel



Traçabilité des exigences



Real-Time Processor



Analog/ Digital I/O



Bus Interfaces



Fault Insertion

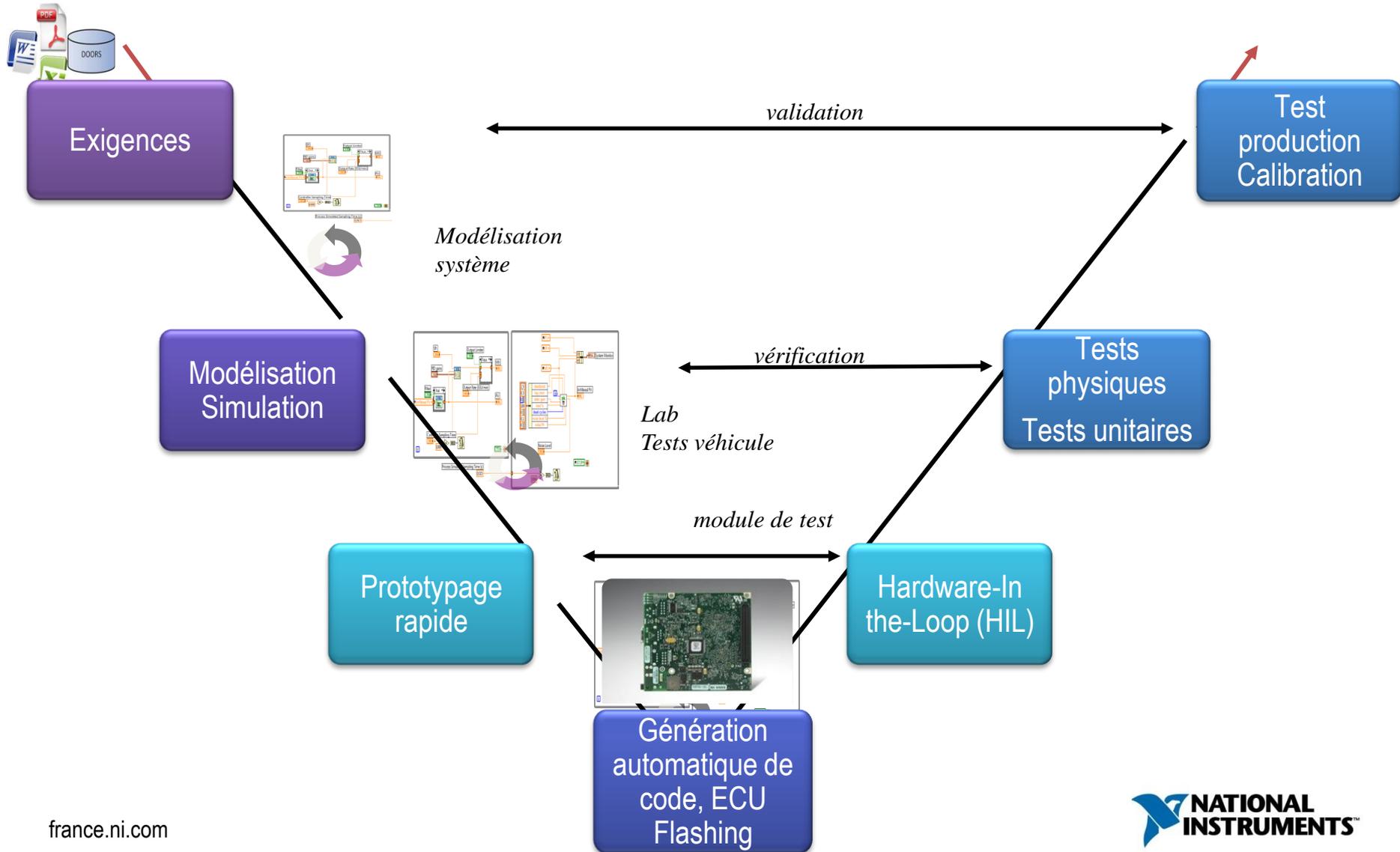


Instrument Grade and RF I/O

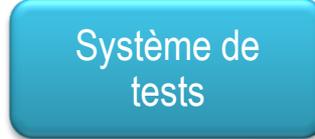
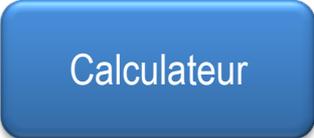
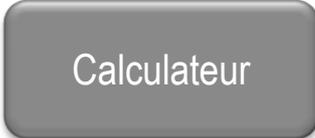
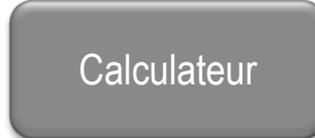


Vision/ Motion

Cycle de développement de systèmes embarqués



Solutions NI : la continuité des tests

MIL	RCP	HIL	Test Cell
			
			
			

 Simulation

 Réel

 Stimulus, Enregistrement de données, Interface utilisateur, Analyse

Aller plus loin

Tutoriel sur la conception de système de contrôle

<http://www.ni.com/white-paper/6368/en>

Toolkit System Identification :

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/13853>

Toolkit Control Design :

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/13854>

Module Simulation :

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/13852>

Module LabVIEW Real-Time :

<http://www.ni.com/realtime>

Matériel d'acquisition de données :

<http://www.ni.com/dataacquisition>

Matériel embarqué NI CompactRIO :

<http://www.ni.com/compactrio>

