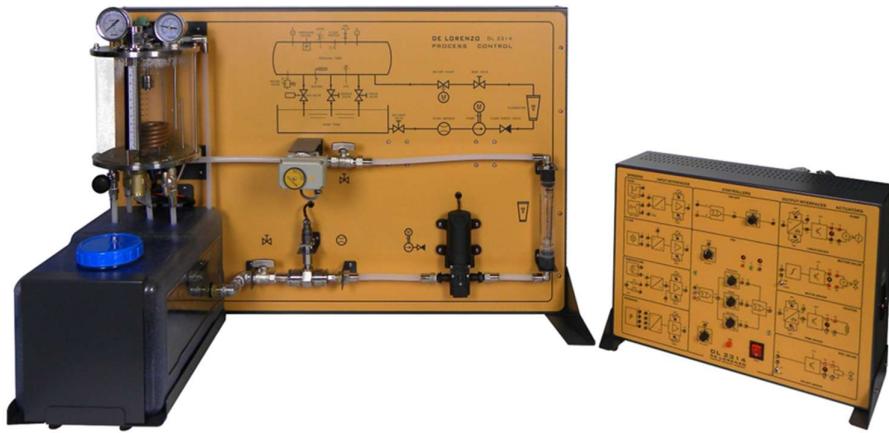




## FORMATEUR EN CONTRÔLE DE PROCESSUS DL 2314



### Présentation du produit

Banc pour l'étude du domaine du contrôle de processus du niveau de base au niveau avancé. Il comprend des vannes, une pompe, des réservoirs, des capteurs et des pilotes. Il se compose d'un module d'expérimentation (panneau de processus), d'un module de commande avec alimentation intégrée (panneau de commande) et d'un Automate Programmable (API).

Avec ce démonstrateur, les étudiants seront guidés pas à pas dans les expériences suivantes ; comment étalonner un capteur, comment obtenir la caractéristique d'un processus statique et une constante de temps, comment contrôler un processus par ON-OFF, proportionnel, proportionnel-intégral, dérivé proportionnel, proportionnel-intégral-dérivé, et comment effectuer des applications API pour les systèmes de contrôle de niveau, de température, de débit et de pression.

### Points forts

- Le démonstrateur permet une flexibilité de formation pour tous les sujets d'automatisation de processus. Il est composé de trois sections différentes : **API, PANNEAU DE PROCESSUS, PANNEAU DE CONTRÔLE**
- Avec le manuel pédagogique détaillé, les étudiants seront guidés pas à pas dans l'apprentissage : comment programmer l'automate, comment calibrer les capteurs, comment contrôler un processus par système ON-OFF et système Proportionnel-Intégral-Dérivé.
- Chaque expérience, décrite en détail dans le manuel pédagogique, est mise en relation avec des applications industrielles réelles.
- Le démonstrateur, qui est modulaire, offre tous les modules et composants requis pour une formation du niveau de base à un niveau avancé dans le contrôle et l'automatisation des processus.

**Idéal pour le travail simultané de 4 étudiants.**

Ecoles professionnelles et techniques.

Applicable aux cours en : **Automatisation, API, Capteurs et actionneurs, PID, Contrôle de processus.**

**LISTE DES EXPÉRIENCES**



# AUTOMATISATION

- COURS DE BASE DE CONTRÔLE DE PROCESSUS :
  - Paramètres du capteur de niveau
  - Caractéristiques du moteur de la pompe
  - Caractéristiques de la pompe
  - Caractéristiques du processus statique
  - Constante de temps du processus
  - ON - OFF contrôle du niveau
  - Contrôle ON - OFF du niveau avec "Electrovanne"
  - ON - OFF contrôle du niveau avec "Interrupteur à flotteur"
  - Boucle fermée Contrôle proportionnel du niveau
  - Contrôle proportionnel-intégral en boucle fermée du niveau
  - Contrôle proportionnel-dérivé en boucle fermée du niveau
  - Contrôle proportionnel-intégral-dérivé en boucle fermée du niveau
  - Capteur de débit
  - Boucle fermée Contrôle proportionnel du débit
  - Contrôle proportionnel-intégral en boucle fermée du débit
  - Contrôle proportionnel-dérivé en boucle fermée du débit
  - Contrôle de débit proportionnel-intégral-dérivé en boucle fermée
  - Capteur de température
  - Mesure des caractéristiques du chauffage
  - Boucle fermée Contrôle proportionnel de la température
  - Contrôle proportionnel-intégral en boucle fermée de la température
  - Contrôle proportionnel-dérivé en boucle fermée de la température
  - Contrôle proportionnel-intégral-dérivé en boucle fermée de la température
  - Capteur de pression
  - Capteur de pression comme capteur de niveau
  - Contrôle ON - OFF du niveau par le capteur de pression



# AUTOMATISATION



## SPECIFICATIONS TECHNIQUES

Le démonstrateur CONTRÔLE AUTOMATIQUE DU PROCESSUS permet l'étude et la réalisation d'expériences dans le domaine du contrôle des procédés.

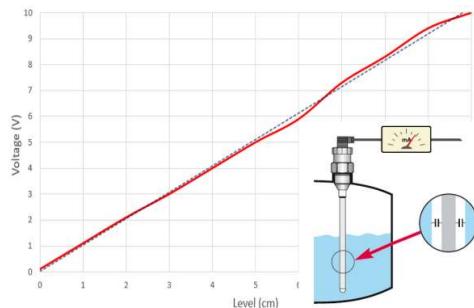
- Alimentation : monophasée
- **Démonstrateur de Contrôle de Processus/Panneau de processus**, comprenant :
  - Capacité du réservoir d'eau : 20 litres environ.
  - Pompe de recirculation du moteur : 6 litres/minute
  - Vanne motorisée : électrovanne modulée utilisée pour contrôler le débit d'eau
  - Motopompe avec protection thermique et clapet anti-retour de débit
  - Capteur de débit : 8000 impulsions/litre
  - Pipelines (pour l'alimentation en eau de traitement et pour l'évacuation de l'eau du réservoir de traitement)
  - Vanne de refoulement (la vanne principale d'alimentation en eau)
  - Débitmètre à turbine (capteur de débit avec turbine de mesure volumétrique)
  - Débitmètre visuel (indicateur de débit)
  - Vanne manuelle (pour réduire le débit d'eau)
  - Capacité du réservoir sous pression : 5 litres environ, comprenant :
    - Capteur de niveau capacitif et une échelle métrique pour mesurer le niveau d'eau (cm ou mm)
    - Interrupteur à flotteur (pour détecter le niveau d'eau dans le réservoir sous pression)
    - Élément chauffant ; Capteur de température (PT100) et un thermomètre pour mesurer la température à l'intérieur du réservoir de traitement (°C ou °F)
    - Capteur de pression et un manomètre pour mesurer la pression (bar ou psi)
    - 4 types de vannes (3 manuelles et 1 contrôlée)
    - Soupape de sécurité
- **Démonstrateur de Contrôle de Processus /Panneau de commande**, comprenant:
  - Interface d'entrée (Capteurs)
    - Transducteur de NIVEAU
    - Transducteur de DEBIT
    - Transducteur de TEMPERATURE
    - Transducteur de PRESSION
  - Interface de contrôle (contrôleurs)
    - ON – OFF
    - ON – OFF avec hystérisis
    - PID (P, PI, PD, PID)
  - Interface de sortie (actionneurs)
    - Pilote linéaire pour pompe
    - Pilote pour vanne motorisée
    - Pilote PWM pour chauffage
    - Pilote ON – OFF pour électrovanne



# AUTOMATISATION

## DESCRIPTION DE L'EXPERIENCE

### COURS DE BASE DE CONTRÔLE DE PROCESSUS :

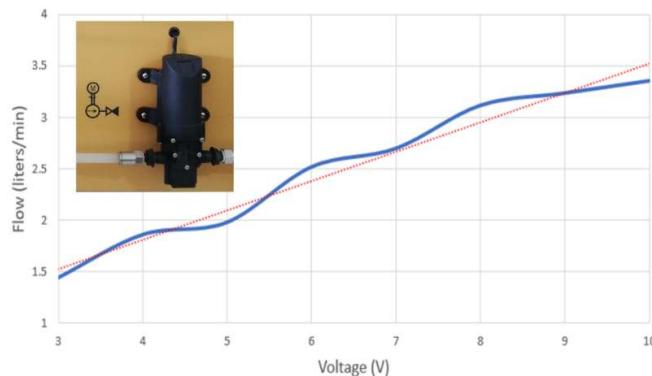
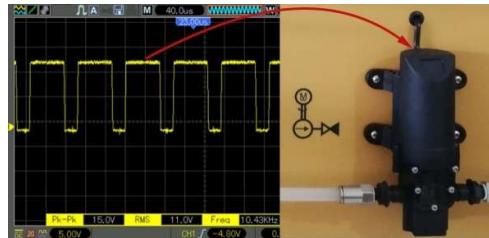


#### *Paramètres du capteur de niveau*

Dès le début des expérimentations, les étudiants découvriront différents types de capteurs. Ils apprennent à calibrer et à utiliser un capteur de niveau de fluide capacitif afin de mesurer le niveau d'eau et de déterminer les caractéristiques du capteur. Le transducteur de niveau (L/U) permet de calibrer le capteur de niveau pour une correspondance de 1 V à 1 cm.

#### *Caractéristiques du moteur de la pompe*

L'expérience est très pratique car ils apprendront ce qu'est le Contrôle en PWM (Pulse Width Modulation) d'un moteur à courant continu. A l'aide d'un oscilloscope classique, les étudiants analyseront les signaux de commande d'un moteur de pompe. Le signal d'entrée de référence du moteur est un 10Vpp triangulaire tandis que le rapport cyclique de PWM est modulé à partir du panneau de commande de l'entraîneur.



#### *Caractéristiques de la pompe*

Après avoir réalisé cette expérience, les étudiants comprendront le principe de fonctionnement d'une pompe à membrane. Ils apprendront à calculer le débit et à le mesurer à l'aide du débitmètre pour tracer la courbe caractéristique du débit des pompes.

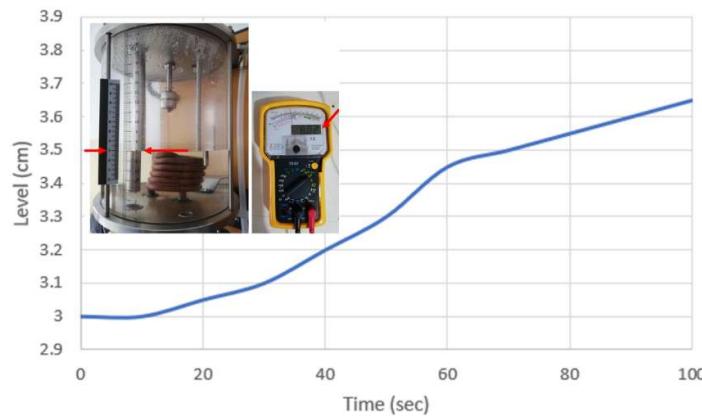
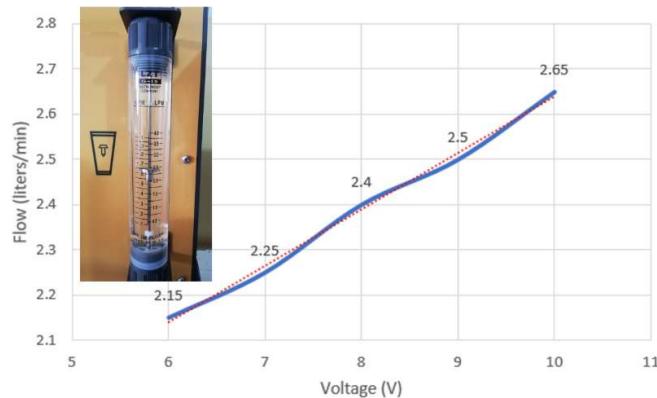


# AUTOMATISATION

## Caractéristiques du processus statique

En utilisant les connaissances du test précédent, cela vous aidera à effectuer ce test. L'objectif principal est de comprendre comment le débit influencera le temps de montée du taux de niveau de fluide dans un processus de contrôle de niveau.

Le transducteur de débit (f/U) est utilisé pour étalonner le capteur de débit pour une correspondance de sortie de 1 V soit à 0,5 litre par minute.



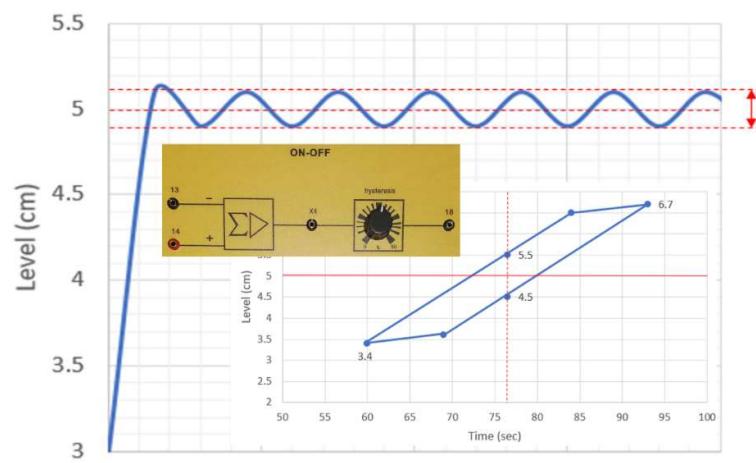
## Constante de temps du processus

Quelle est la constante de temps d'un processus ? Comment le calculent-ils ? Les élèves peuvent répondre à cette question en réalisant cette expérience. L'estimation de la constante de temps est constituée du débit d'eau dans le réservoir, rapport entre le débit d'entrée et le débit de vidange. Ce processus est un exemple d'identification de paramètres.

## Contrôle ON - OFF du niveau

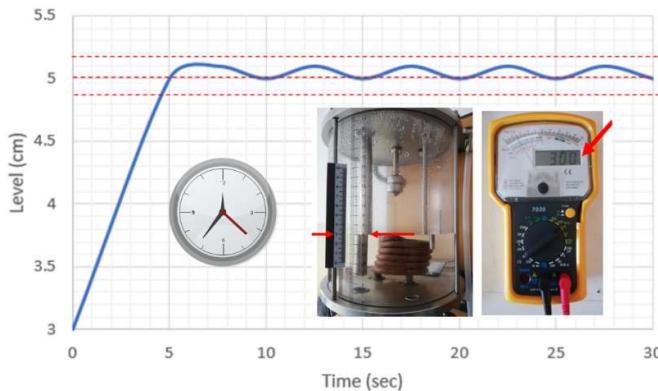
Quels sont les effets de l'hystérésis sur le contrôle de niveau ? Les étudiants découvriront en apprenant comment mesurer la réponse dynamique du processus. Ils utiliseront le capteur de niveau capacitif pour mesurer le niveau d'eau dans le réservoir de traitement.

Cette connaissance est très importante car dans des situations pratiques, l'un des types de contrôle les plus largement utilisés est le contrôle ON/OFF.





# AUTOMATISATION



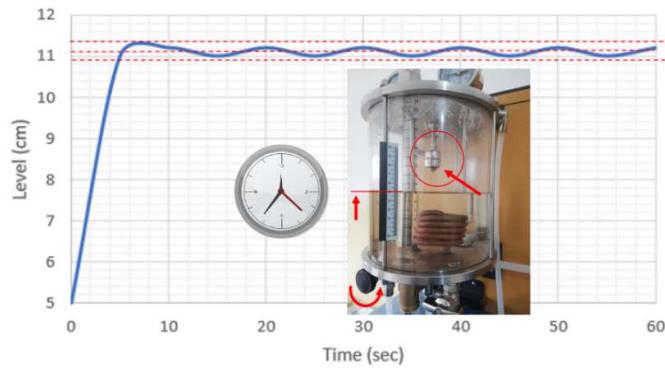
## Contrôle ON - OFF du niveau avec "Electrovanne"

Dans cette expérience, les étudiants utiliseront leurs connaissances accumulées concernant l'hystéresis sur le contrôle de niveau. Celui-ci mesurera le nombre de mouvements ascendants et descendants du niveau entre le « Start et Stop » de l'électrovanne avec une hystéresis de 0%, 15% et 30%.

## Contrôle ON-OFF du niveau avec "Interrupteur à flotteur"

Les étudiants effectueront une étude pratique pour maintenir un niveau constant dans le réservoir à l'aide d'un capteur de niveau « ON-OFF » et de l'électrovanne.

Ils apprendront à mesurer la variation du niveau d'eau dans le temps. Pour déterminer la courbe d'hystéresis pour le contrôle « On – Off » du niveau, ils utilisent l'échelle mobile gravée ou le capteur de niveau et l'interrupteur à flotteur.



## Contrôle en boucle fermée du NIVEAU

### Contrôle proportionnel en boucle fermée du niveau

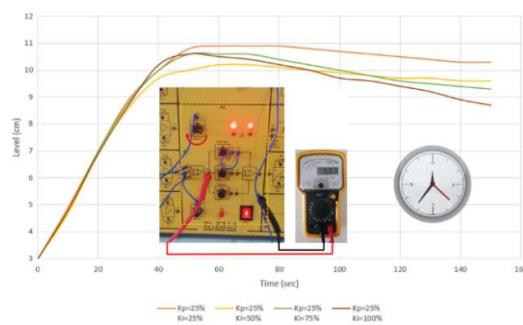
### Contrôle proportionnel-intégral en boucle fermée du niveau

### Contrôle proportionnel-dérivé en boucle fermée du niveau

### Contrôle proportionnel-intégral-dérivé en boucle fermée du niveau

Pour pouvoir étudier le contrôle en boucle fermée, ils doivent d'abord vérifier les effets de la boucle de gain sur la réponse dynamique du système. Il est très intéressant d'observer la caractéristique de sortie du régulateur PID pour différentes valeurs constantes  $K_p$ ,  $K_d$  et  $K_i$ .

La méthode Ziegler-Nichols est utilisée pour le réglage du contrôleur PID. Les étudiants apprennent à





# AUTOMATISATION

déterminer les paramètres PID pour obtenir le niveau contrôlé.

## Contrôle en boucle fermée du DEBIT

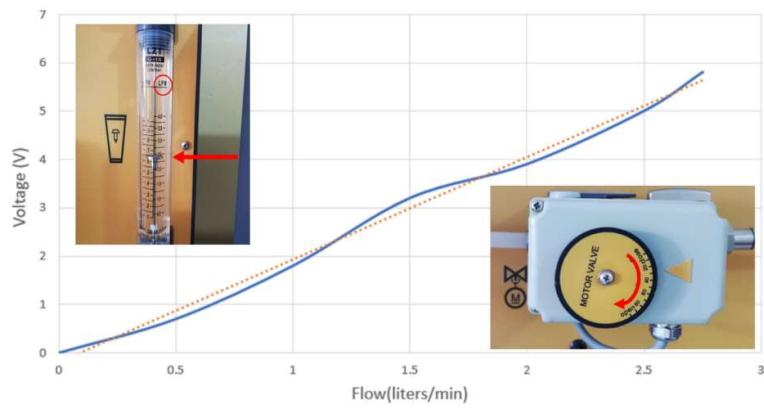
### *Capteur de débit*

### *Contrôle proportionnel en boucle fermée du débit*

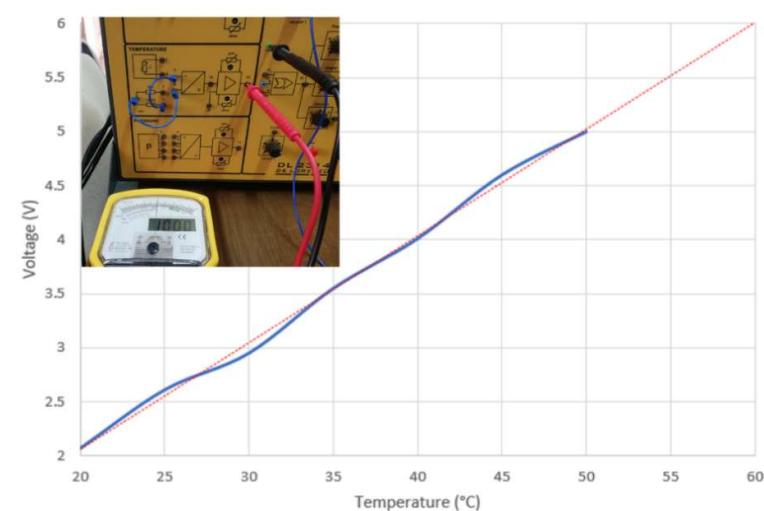
### *Contrôle proportionnel-intégral en boucle fermée du débit*

### *Contrôle proportionnel-dérivé en boucle fermée du débit*

### *Contrôle proportionnel-intégral-dérivé en boucle fermée du débit*



Au cours de ces expérimentations, les élèves apprennent à mesurer le débit d'eau en utilisant l'échelle gravée du débitmètre direct ou du capteur de débit à turbine. Après analyse des résultats, ils doivent être en mesure de mettre en œuvre le réglage du contrôle PID du système avec une stabilité optimale.



### *Capteur de température*

Les étudiants apprennent à mesurer la variation de température dans le temps, à l'aide de l'échelle du thermomètre gravé ou du capteur de température, afin de déterminer et de calculer la courbe caractéristique du capteur PT100 (RDT).

Le transducteur de température ( $u/U$ ) est utilisé pour étalonner le capteur de température pour une correspondance de 1 V à 10 degrés Celsius.

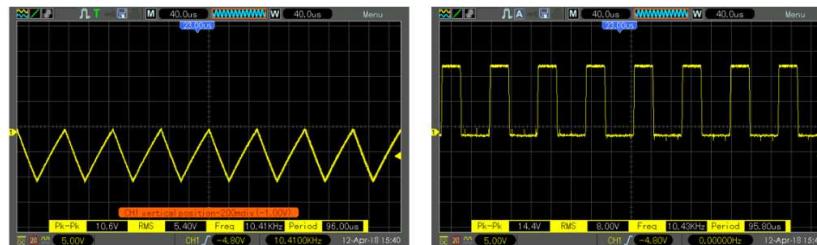
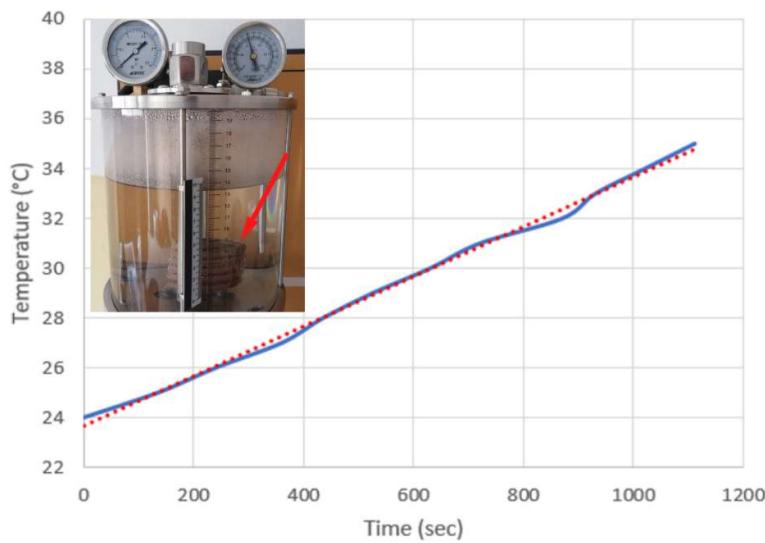


# AUTOMATISATION

## ***Mesure des caractéristiques du chauffage***

Cette expérience est similaire à la précédente, mais cette fois les étudiants comprendront le principe de fonctionnement d'un capteur de température résistif pour mesurer la température dans le réservoir de processus industriel.

À l'aide d'un oscilloscope classique, les étudiants peuvent analyser la forme d'onde du PWM pour l'élément chauffant.



## ***Contrôle en boucle fermée de la TEMPERATURE***

***Contrôle proportionnel en boucle fermée de la température***

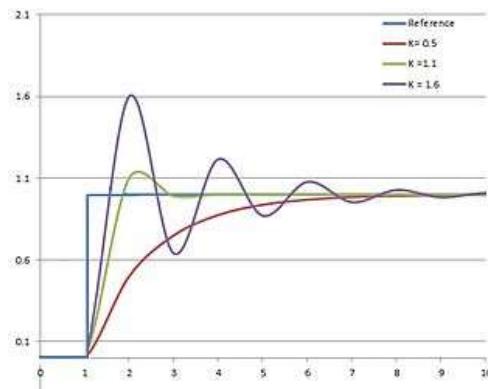
***Contrôle proportionnel-intégral en boucle fermée de la température***

***Contrôle proportionnel-dérivé en boucle fermée de la température***

***Contrôle proportionnel-intégral-dérivé en boucle fermée de la température***

Les étudiants apprendront que dans un système de contrôleur de température, le contrôleur accepte un capteur de température comme entrée, tel qu'un RTD ou un thermocouple, et compare la température réelle avec la température de contrôle ou le point de consigne requis. La sortie est ensuite fournie à un élément de commande.

Après avoir analysé les résultats, ils pourront affiner le contrôle PID du système.



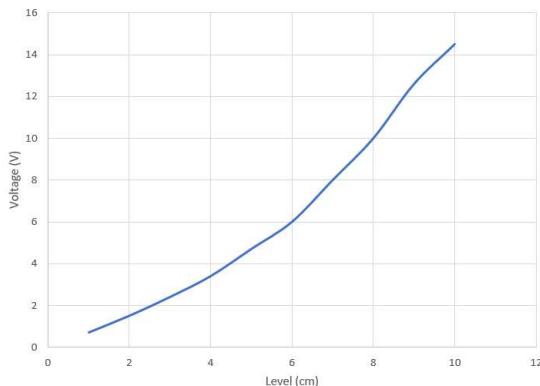
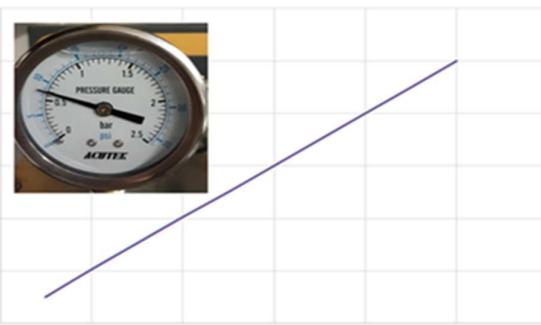


# AUTOMATISATION

## Capteur de pression

Les étudiants apprendront à mesurer la pression, à l'aide du capteur de pression électronique ou de l'échelle du manomètre, pour déterminer et calculer la courbe caractéristique du capteur de pression.

Le transducteur de pression (P/U) sert à étalonner le capteur de pression pour une correspondance de 1 V à 0,15 bar. Les caractéristiques d'un transducteur de pression seront déterminées.



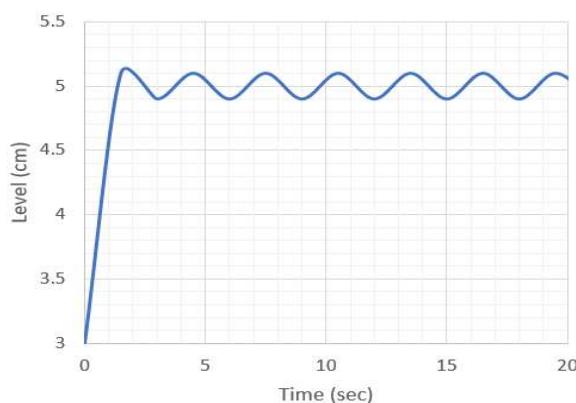
## Capteur de pression comme capteur de niveau

L'objectif principal de cette expérience est de mesurer la pression, en utilisant le capteur de pression électronique ou l'échelle du manomètre, pour déterminer la courbe caractéristique de la réponse du niveau en fonction de la pression.

## Contrôle on-off du niveau par le capteur de pression

Les étudiants, déjà familiarisés avec la procédure de contrôle « ON-OFF », effectueront le fonctionnement d'un système de contrôle « ON-OFF » en boucle fermée utilisant le capteur de pression comme capteur de niveau.

Les connaissances concernant les effets de l'hystérésis sur le **contrôle ne seront pas** utilisées pour contrôler la pression.



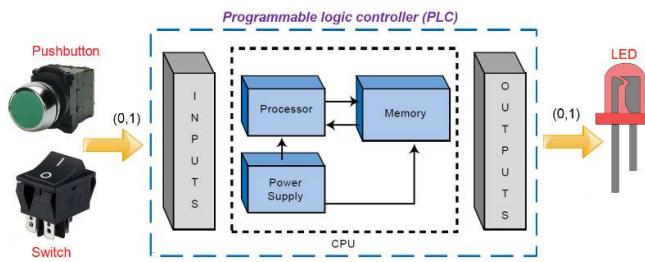


# AUTOMATISATION

## COURS DE BASE DE CONTRÔLE DE PROCESSUS :

### Expériences de base et d'initiation aux API:

À partir de ces premières expériences, les étudiants se concentreront sur les principes fondamentaux du matériel PLC et la programmation logique avec Siemens S7-1200. Les expériences sont une introduction étape par étape à l'API, guidant les étudiants à créer leurs premiers projets. Cela leur donnera les connaissances de base pour résoudre des problèmes du monde réel dans des projets pratiques, sur l'ingénierie d'automatisation et le contrôle des processus.



### Applications de base de l'API : contrôle ON - OFF

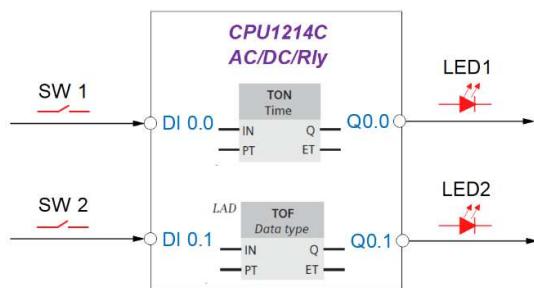
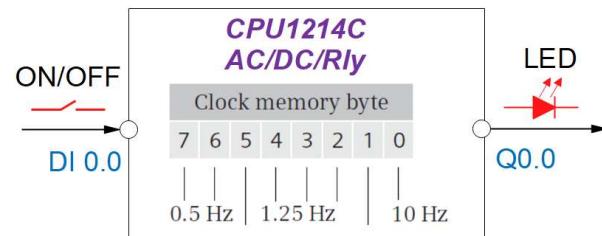
Les étudiants apprennent les éléments de base des fonctions de l'API en écrivant de petits programmes et en testant ces programmes sur le simulateur.

Cette application se concentre principalement sur les opérations d'introduction à la programmation et à l'utilisation de l'architecture Step 7-1200. Il simule les commandes ON - OFF des boutons poussoirs et/ou des interrupteurs.

### Application de base de l'API : contrôle PWM

Cette expérience est très pratique car ils apprendront ce qu'est le contrôle en PWM (Pulse Width Modulation). L'entrée numérique agit comme un interrupteur à bascule. Lorsque l'interrupteur est activé, la LED de sortie clignote avec la mémoire d'horloge programmée.

À partir de l'interface du panneau d'entraînement de l'API, l'une des 14 entrées numériques de la CPU 1214C peut être utilisée pour cette expérience.



### Applications de base de l'API : Contrôle par minuterie

Après avoir réalisé cette expérience, les étudiants comprendront le principe de fonctionnement d'une instruction TON « Générer un délai à l'enclenchement » et TOF « Générer un délai à l'arrêt ». Ces instructions permettent de faire fonctionner une sortie pendant un certain temps ou d'attendre un



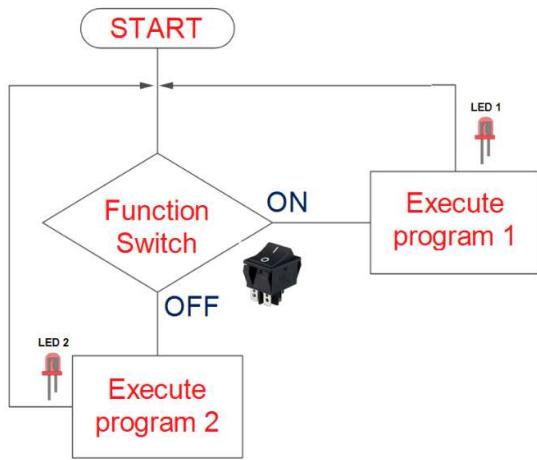
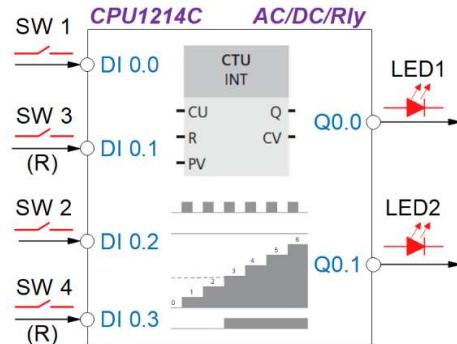
# AUTOMATISATION

certain temps avant de faire fonctionner une sortie.

## **Applications de base de l'API : Contrôle de compteur**

Cette expérience donnera la connaissance de l'utilisation des fonctions de compteur dans la réalisation d'expériences de contrôle de processus. Plus loin dans le manuel, les élèves utiliseront cette fonction pour compter le nombre de fois où une pression dans un réservoir d'eau est atteinte.

Ils comprendront le principe de fonctionnement d'une instruction CTU «Compteur ascendant» et CTD «Compteur descendant».



## **Applications de contrôle de base de l'API : contrôle à deux fonctions**

L'objectif principal de cette application est d'initier les étudiants à la façon d'aborder une application qui a plusieurs descriptions fonctionnelles. Par exemple, si vous avez un commutateur numérique comme entrée dans l'API et en fonction de l'état de l'interrupteur, l'API doit exécuter un sous-programme spécifique.

Un bloc de code fonction (FC) sera ajouté pour configurer 2 programmes fonctionnels.

## **Expériences avancées de contrôle de processus :**

Les applications avancées combinent l'utilisation du panneau de processus avec l'API. À l'aide du logiciel du portail TIA, les étudiants peuvent comprendre les concepts suivants :

- Schéma de principe du processus
- Diagramme de signal du processus
- Organigramme du processus d'automatisation
- Schéma de câblage du laboratoire

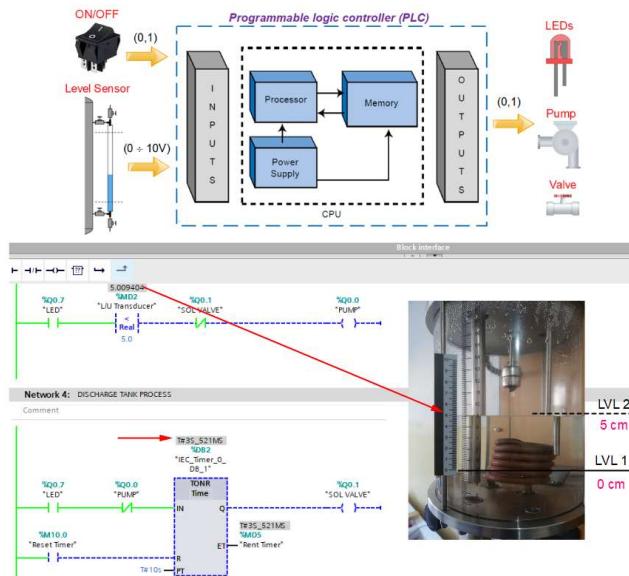
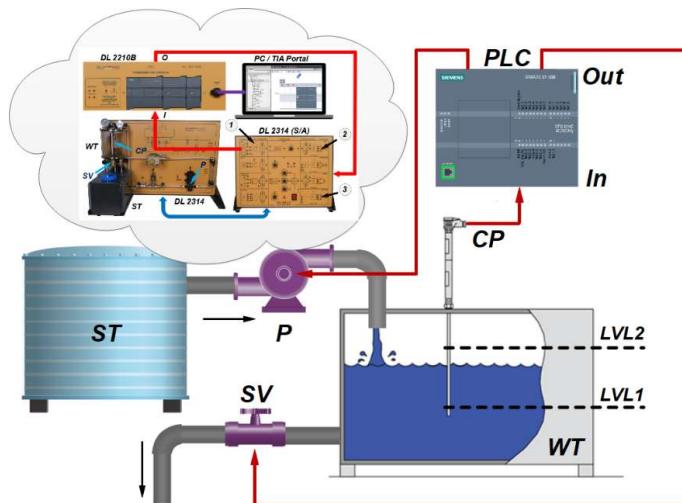


# AUTOMATISATION

## Système de contrôle de niveau. Station de pompage d'eau

Cette première expérience de contrôle automatique des procédés étudie une station de pompage d'eau. Le PLC contrôlera alors le débit d'eau dans le réservoir d'eau.

Une méthode pour ajuster les seuils de niveau de contrôle consiste à utiliser la sonde capacitive incluse dans le simulateur de contrôle de processus. La sonde surveillera le niveau, avec des points de contrôle ajustés par le PLC.



## Système de contrôle de niveau avec réponse temporelle. Système de distribution de solvant liquide

Cette expérience initie les élèves à un système de contrôle à réponse temporelle. Un exemple de système automatisé réel est un système de distribution de solvant liquide situé dans une usine. Son but est de libérer le solvant dans le système après que le produit, dans une cuve de traitement, ait été vidé jusqu'à un certain niveau.

Les étudiants peuvent modifier le délai proposé en utilisant les connaissances des expériences précédentes.

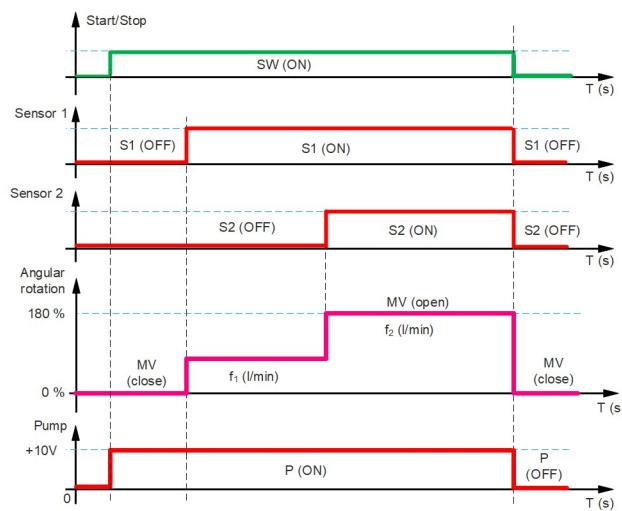
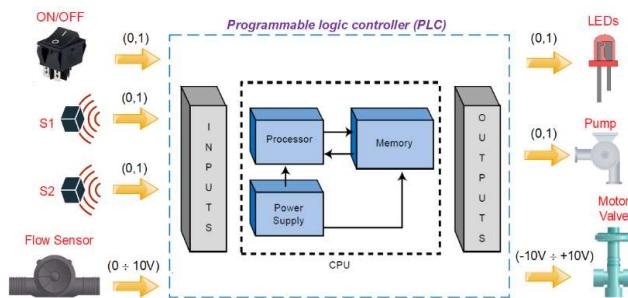
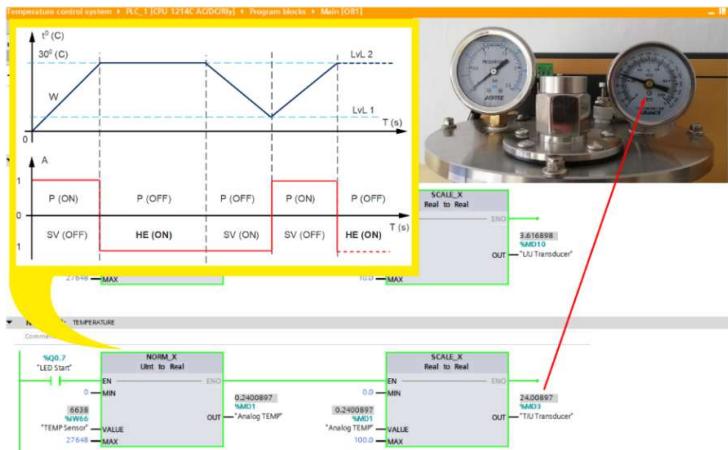


# AUTOMATISATION

## Système de contrôle de la température. Station de chauffage d'eau

Par rapport aux expériences précédentes, une deuxième entrée analogique sera ajoutée à l'automate. L'expérience de contrôle de processus de température présente les principes du contrôle en boucle unique par étalonnage des capteurs et réglage de l'API pour le contrôle de la température ON - OFF.

L'élément chauffant chauffera l'eau jusqu'à une valeur de température prédefinie.



## Système de contrôle du débit. Système de distribution de liquide avec pompe à débit constant

Un système de contrôle de débit est un système de distribution de liquide avec pompe à débit constant pour le remplissage de bouteilles d'eau de 2 volumes différents. L'automate assure un faible débit  $f_1$  lorsque, sur le convoyeur, il y a une petite bouteille d'eau et un fort débit  $f_2$  lorsque sur le convoyeur il y a une grande bouteille d'eau. L'objectif de l'API est d'allumer et d'éteindre la pompe et de contrôler une vanne motorisée pour réguler le débit. Le capteur de débit qui mesure le débit est situé sur la conduite d'eau.

Le transducteur de débit est connecté à l'entrée analogique (AI 0.0) de l'API. La sortie du transducteur de débit correspond à une sortie de 1 V à 0,5 litre par minute.



# AUTOMATISATION

## **Système de contrôle de pression avec temps de réponse rapide. Station de nettoyage sous pression**

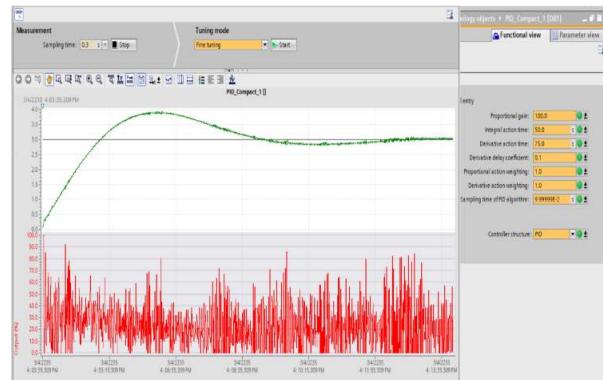
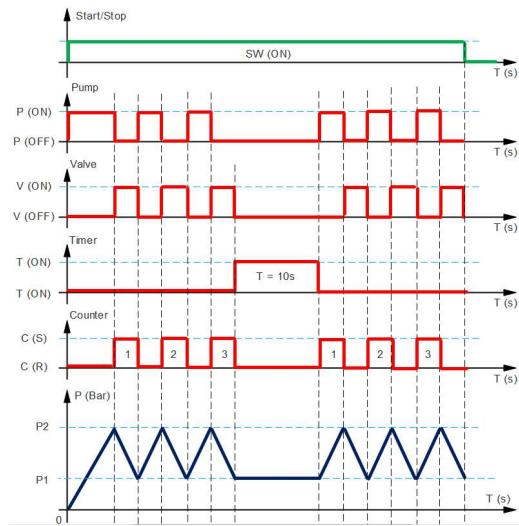
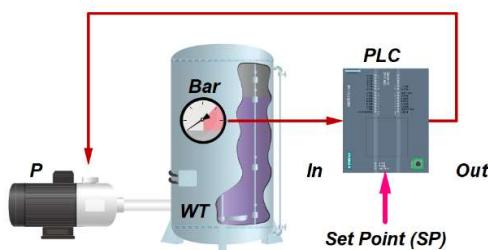
Dans cette application, les étudiants développeront un contrôleur de pression marche/arrêt (également appelé contrôleur d'hystérésis). Il s'agit d'un contrôleur de rétroaction qui bascule brusquement entre deux états. Dans l'expérience, il est décrit la fonctionnalité d'une station de nettoyage à pression pour panneaux solaires. Son but est de libérer la solution de nettoyage vers les panneaux solaires (SP) après que le produit dans un réservoir d'eau (WT) a été rempli jusqu'à un certain niveau de pression. Lorsque le solvant s'écoule dans les tuyaux de raccordement, il nettoie un ensemble de 3 panneaux solaires en vue de l'ensemble suivant.

## **Système PID avec temps de réponse lent.**

### **Contrôle de niveau PID en boucle fermée**

Les étudiants apprendront comment effectuer les connexions de câblage des interfaces d'entrée, de sortie et de contrôleur PID DL 2314 afin de contrôler le niveau d'eau dans le réservoir de traitement.

Ils peuvent régler le PID manuellement en utilisant différentes valeurs P, I et D, et peuvent facilement tester comment le contrôle P, le contrôle P-I, le contrôle P-D réagit à la même configuration du démonstrateur.



## **Système PID avec temps de réponse rapide. Contrôle PID en boucle fermée de la pression**

L'objectif principal de cette expérience est de mesurer la pression. Les étudiants apprendront comment effectuer le prérglage et le réglage fin du contrôleur PID.

Avec les objets technologiques pour la régulation PID, ils créent des boucles de régulation avec réponse PID et optimisation intégrée en mode manuel et automatique.