

FESTO

**Asservissement
Hydraulique**

Manuel

N° de commande 094348
Situation 08/2000
Auteur A. Zimmermann, D. Scholz
Traduit 10/2006, Benoit Maisonneuve
Layout 11/2006, Silvia Hollerbach, Melita Nägele

© Festo Didactic GmbH & Co. KG, 73770 Denkendorf, Germany, 2013
Internet: www.festo-didactic.com
e-mail: did@de.festo.com

L'acheteur obtient un droit d'utilisation simple, non exclusif, non limité dans le temps et restreint géographiquement au site /siège de l'acheteur comme suit. L'acheteur est autorisé à utiliser les contenus de l'ouvrage pour la formation continue du personnel du site et à utiliser aussi des éléments du contenu pour la réalisation de son propre matériel de formation continue du personnel de son site, à condition d'en mentionner la source, et à les dupliquer pour la formation continue sur le site. Pour les écoles/universités et centres de formation, ce droit d'utilisation englobe l'utilisation durant les cours par les élèves, stagiaires et étudiants du site. En est exclu dans tous les cas le droit de publication ainsi que de chargement et d'utilisation sur intranet ou Internet ou sur plateformes LMS et bases de données telles que Moodle qui permettent à un grand nombre d'utilisateurs d'y accéder en dehors du site de l'acheteur.

Tous les autres droits de transmission, de reproduction, de duplication, d'édition, de traduction, de microfilmage ainsi que le transfert, le stockage et le traitement intégral ou partiel sur des systèmes électroniques présupposent l'accord préalable de Festo Didactic GmbH & Co. KG.

Table des matières

Préface	9
Ensemble technique TP 511 «Hydraulique asservie»	10
Tableau composants/exercices	11
Conception du manuel	13
Matériel pour le cours TP 511	14
Symboles du matériel utilisé dans les montages	16

Section A Cours

Exercice 1	
Appareil de flexion de tuyaux	A-3
Feuille de travail: Caractéristiques d'un capteur de pression	A-9
Exercice 2	
Fabrication de pièces en plastique	A-13
Feuille de travail: Courbe caractéristique de la pression d'un distributeur proportionnel 4/3	A-21
Exercice 3	
Extrusion à froid	A-25
Feuille de travail: Fonction de transfert d'un système asservi en pression	A-31
Exercice 4	
Machine à rouler des filets	A-33
Feuille de travail: Carte de contrôleur PID	A-37
Exercice 5	
Poinçonneuse	A-39
Feuille de travail: Contrôleur P	A-45
Exercice 6	
Vérin de serrage	A-49
Feuille de travail: Boucle de régulation de pression	A-57
Exercice 7	
Machine de moulage par injection	A-61
Feuille de travail: Fonctions de transfert des contrôleurs I et PI	A-71
Exercice 8	
Pressage de paliers	A-75
Feuille de travail: Contrôleurs D, PD et PID	A-85
Exercice 9	
Pincettes à soudage d'un robot	A-89
Feuille de travail: Boucle de régulation de pression munie d'un contrôleur PID	A-95
Exercice 10	
Rouleau de pression de laminoir	A-97
Feuille de travail: Méthode Ziegler-Nichols	A-101
Exercice 11	
Presse-plieuse munie d'un dispositif d'alimentation	A-105

Feuille de travail: Boucle de régulation avec interférences _____	A-111
Exercice 12	
Alimentation d'une fraiseuse _____	A-115
Feuille de travail: Le capteur de déplacement _____	A-121
Exercice 13	
Table de perceuse _____	A-125
Feuille de travail: Courbes caractéristiques du débit d'un distributeur proportionnel _____	A-133
Exercice 14	
Unité d'alimentation d'une station d'assemblage _____	A-141
Feuille de travail: Unité linéaire utilisé comme procédé de position _____	A-153
Exercice 15	
Simulateur de conduite _____	A-159
Feuille de travail: La boucle de régulation de position _____	A-167
Exercice 16	
Détourage _____	A-173
Feuille de travail: Déphasage _____	A-179
Exercice 17	
Station d'usinage _____	A-185
Feuille de travail: Contrôle de la position avec procédé modifié _____	A-189
Exercice 18	
Forage de surfaces de paliers _____	A-191
Feuille de travail: Interférences au niveau d'une boucle de régulation de position hydraulique _____	A-199
Exercice 19	
Alimentation d'un étau limeur _____	A-205
Feuille de travail: Contrôleur d'état _____	A-211
Exercice 20	
Alimentation en papier d'une imprimante _____	A-215
Feuille de travail: Boucle de régulation de position munie d'un contrôleur d'état _____	A-223
Exercice 21	
Rectifieuse horizontale _____	A-227
Feuille de travail: Interférences dans une boucle de régulation de position _____	A-239

Section B Principes de base

1	Principes de base	B-3
1.1	Signal	B-3
1.2	Schéma-bloc	B-7
1.3	Traitement des signaux dans le schéma-bloc	B-10
1.4	Signaux de vérification	B-12
1.5	Régulation en boucle ouverte et en boucle fermée	B-14
1.6	Terminologie de l'asservissement	B-17
1.7	Stabilité et instabilité	B-19
1.8	Régime permanent et régime transitoire	B-21
1.9	Réponse à la variation de consigne et à la variation de charge	B-24
1.10	Système régulateur, système suiveur et système synchroniseur	B-26
1.11	Différenciation d'un signal	B-28
1.12	Intégration d'un signal	B-32
2	Systèmes hydrauliques asservis	B-37
2.1	Systèmes asservis auto-régulants et intégrateurs	B-38
2.2	Systèmes hydrauliques asservis à faible délai	B-40
2.3	Systèmes hydrauliques asservis de premier ordre	B-41
2.4	Systèmes hydrauliques asservis de deuxième ordre	B-43
2.5	Systèmes hydrauliques asservis de troisième ordre	B-45
2.6	Classification des systèmes asservis en fonction de leur réponse indicielle	B-47
2.7	Point de fonctionnement et gain de système	B-48
3	Structures de contrôleur	B-51
3.1	Contrôleurs non dynamiques	B-53
3.2	Schémas-bloc de contrôleurs non dynamiques	B-55
3.3	Contrôleur P	B-56
3.4	Contrôleur I	B-58
3.5	Contrôleur D	B-60
3.6	Contrôleurs PI, PD et PID	B-63
3.7	Schémas-bloc pour contrôleurs dynamiques standards	B-70
3.8	Contrôleur d'état	B-74
3.9	Choix de la structure de contrôleur	B-77
3.10	Réponse à la variation de charge et facteur de contrôle	B-79
4	Réalisation technique des contrôleurs	B-85
4.1	Structure de systèmes asservis	B-85
4.2	Contrôleurs hydrauliques et électriques	B-91
4.3	Contrôleurs analogiques et numériques	B-93
4.4	Sélection d'un contrôleur	B-96

5	Distributeurs de puissance	B-97
5.1	Types de distributeurs	B-97
5.2	Fonctions et composants d'un distributeur de puissance	B-98
5.3	Désignations et symboles des distributeurs proportionnels	B-102
5.4	Mode de fonctionnement d'un distributeur dynamique 4/3	B-105
5.5	Caractéristiques statiques pour des distributeurs proportionnels	B-111
5.6	Comportement dynamique des distributeurs proportionnels	B-116
5.7	Critères de sélection des distributeurs de puissance	B-121
6	Régulateurs de pression	B-123
6.1	Fonction d'un régulateur de pression	B-123
6.2	Modèles de régulateurs de pression	B-124
6.3	Mode de fonctionnement d'un régulateur de pression mécanique	B-125
6.4	Régulateur de pression à commande par distributeur de puissance	B-129
6.5	Critères de sélection des régulateurs de pression	B-130
7	Systèmes de mesure	B-131
7.1	Utilité d'un système de mesure	B-131
7.2	Constructions du système de mesure et interfaces	B-132
7.3	Critères de sélection des systèmes de mesure	B-135
8	Assemblage, mise en route et recherche de panne	B-137
8.1	Systèmes asservis en automatisation	B-137
8.2	Planification	B-140
8.3	Assemblage	B-143
8.4	Mise en route	B-145
8.5	Réglages du contrôleur	B-148
8.6	Recherche de panne	B-154

Section C Solutions

Solution 1	
Appareil de flexion de tuyaux	C-3
Solution 2	
Produits de formation du plastique	C-5
Solution 3	
Extrusion à froid	C-9
Solution 4	
Machine à rouler des filets	C-11
Solution 5	
Poinçonneuse	C-13
Solution 6	
Vérin de serrage	C-17
Solution 7	
Machine de moulage par injection	C-21
Solution 8	
Pressage de paliers	C-25
Solution 9	
Pincés à soudage d'un robot	C-29
Solution 10	
Rouleau de pression de laminoir	C-31
Solution 11	
Presse-plieuse munie d'un dispositif d'alimentation	C-33
Solution 12	
Alimentation d'une fraiseuse	C-37
Solution 13	
Table de perceuse	C-39
Solution 14	
Unité d'alimentation d'une station d'assemblage	C-47
Solution 15	
Simulateur de conduite	C-53
Solution 16	
Détourage	C-59
Solution 17	
Station d'usinage	C-63
Solution 18	
Forage de surfaces de paliers	C-65
Solution 19	
Alimentation d'un étau-limeur	C-71
Solution 20	
Alimentation en papier d'une imprimante	C-75
Solution 21	
Rectifieuse horizontale	C-79

Section D Annexe

Consignes d'utilisation _____	D-3
Embase _____	D-4
Liste des lignes directrices et des standards applicables _____	D-5

Fiches techniques

Masse _____	034065
Manomètre _____	152841
Limiteur de débit _____	152842
Té de raccordement _____	152847
Limiteur de pression, Soupape de séquence _____	152848
Moteur hydraulique _____	152858
Filtre de pression _____	152969
Carte d'état _____	162253
Carte PID _____	162254
Distributeur de régulation proportionnelle 4/3 _____	167088
Unité linéaire, course 200 m _____	167089

Préface

Le système d'acquisition des connaissances en automatisation et en communication de Festo Didactic et les trousseaux d'apprentissage qui l'accompagnent sont conçus afin de satisfaire diverses exigences de formation professionnelle.

- Les trousseaux élémentaires contiennent les connaissances de base sur un grand éventail de techniques.
- Les trousseaux de fonction comprennent les explications des diverses fonctions élémentaires des systèmes d'automatisation.
- Les trousseaux d'application présentent une formation élémentaire plus approfondie orientée vers la pratique industrielle quotidienne.

Toutes les trousseaux d'apprentissage possèdent une structure identique:

- Matériel
- Matériel de cours
- Logiciel
- Cours

Le matériel consiste en composants industriels et en installations adaptés à des fins didactiques.

Le matériel de cours correspond méthodiquement et didactiquement au matériel de formation. Il comprend:

- Manuel (contenant des exercices et des exemples)
- Manuel d'exercice (contenant les exercices pratiques, les remarques supplémentaires, les solutions et les fiches techniques)
- Documents transparents et vidéos (permettant de rendre l'atmosphère d'apprentissage plus vivante)

Les médias d'enseignement et d'apprentissage sont disponibles en plusieurs langues. Bien qu'ils aient été conçus pour être utilisés pour l'enseignement en classe, ils peuvent néanmoins être utilisés à des fins d'études personnelles.

Dans le domaine des logiciels, des programmes de formation informatisés et des logiciels de programmation pour les contrôleurs logiques programmables sont disponibles.

La gamme des produits de Festo Didactic en formation élémentaire et continue comprend également une série de cours approfondis correspondants au contenu des trousseaux techniques.

Ensemble technique TP 511 «Hydraulique asservie»

L'ensemble technique TP 510 «Hydraulique asservie» fait partie du système d'acquisition des connaissances en automation et en communications de Festo Didactic. Il comprend deux niveaux: TP 511 élémentaire, et TP 512 avancé.

Les objectifs de la formation du manuel TP 511 sont l'apprentissage des grands principes de base des techniques de contrôle analogique, tandis que le TP 512 porte sur les techniques du contrôle numérique. Des commandes hydrauliques équipées de composants de contrôles électriques sont utilisées aux deux niveaux. Une connaissance de base de l'électrohydraulique et de la technique des mesures électriques est conséquemment recommandée pour travailler avec l'ensemble technique TP 510.

Les exercices du TP 511 couvrent les sujets suivants:

- Régulation de pression à l'aide d'un contrôleur PID (exercices 1 à 11).
- Contrôle de position à l'aide d'un contrôleur PID (exercices 12 à 18).
- Contrôle de position à l'aide d'un contrôleur d'état (exercices 19 à 21).

Les sujets fondamentaux traités dans le manuel TP 511 sont les suivants:

- Classification des systèmes hydrauliques contrôlés.
- Description des diverses structures de contrôleur.
- Remarques sur les applications techniques des contrôleurs, des distributeurs et des capteurs.
- Conseils pour le montage et la mise en service d'un asservissement hydraulique.

La liste des composants du matériel destiné à être utilisé lors des exercices individuels apparaît dans le tableau composants/exercices.

Tableau composants/exercices

Description	Exercices																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Groupe générateur de pression hydraulique (2 l)	1	1	1			1			1	1	1	1									1
Groupe générateur de pression hydraulique (4 l)													1	1	1	1	1	1		1	1
Filtre de pression	1	1	1			1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Vérin																					1
Unité linéaire											1		1	1	1	1	1	1		1	1
Poids de charge (5 kg)																	2			2	
Limiteur de pression	1										1		1					1			1
Régulateur de débit											1							1			1
Soupape d'arrêt																					1
Distributeur 4/3		1	1			1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Moteur hydraulique													1	1							
Débitmètre													1	1							
Manomètre	1										1			1				1			1
Capteur de pression	1	1	1			1			1	1	1	1		2	2			1			1
Tuyau de 600 mm	1		2								6	2	2	3	2	2	2	6		2	7
Tuyau de 1000 mm		2	2			2			2	2	2	2	2	2	2	2	2			2	4
Tuyau de 3000 mm			1			1			1	1	1					2				2	
Distributeur en T	1		1									4		1							4
Contrôleur PID	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Contrôleur d'état																			1	1	1
Indicateur universel													1	1							

Tableau composants/exercices

Description	Exercices																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Multimètre numérique	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oscilloscope			1		1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1
Générateur de fonctions		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Câble, BNC/4 mm		1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2
Câble, BNC/BNC			1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1
Pièce en T, BNC			1		1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1
Ensemble de câbles universels	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bloc d'alimentation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Conception du manuel

Le manuel est divisé en quatre sections:

Section A: Cours

Section B: Principes de base

Section C: Solutions

Section D: Annexes

Dans la section A, «Cours», le montage et la mise en service de boucles de régulation analogique sont expliqués à l'aide d'exercices progressifs. Les connaissances techniques nécessaires pour compléter un exercice donné sont fournies avant. Les détails superflus ont été éliminés. De plus amples informations apparaissent à la section B.

La section B, «Principes de base», contient les connaissances techniques générales qui complètent le contenu de la formation des exercices de la section A. Les relations théoriques sont illustrées et la terminologie spécialisée pertinente est expliquée de manière facilement accessible au moyen d'exemples.

La section C, «Solutions», contient les résultats des exercices avec de brèves explications.

La section D, «Annexes», sert d'outil de référence. Elle comprend les fiches techniques.

La mise en page du manuel est structurée de manière à permettre une utilisation pratique en classe et l'étude individuelle.

Matériel pour le cours TP 511

Description	Numéro de commande	Quantité
Composants d'hydraulique générale (TP500/600/700)	091070	1
Composants de régulation de pression	184472	1
Composants de contrôle de position	184473	1

TP 511 – Hydraulique asservie complète, numéro de commande 184471

Description	Numéro de commande	Quantité
Filtre à pression	152969	1
Limiteur des pression	152848	1
Régulateur de débit	152842	1
Moteur hydraulique	152858	1
Manomètre	152841	1
Distributeur en T	152847	4

Composants – Hydraulique générale (TP 500/600/700), numéro de commande 091070

Description	Numéro de commande	Quantité
Distributeur proportionnel 4/3	167088	1
Contrôleur PID	162254	1

Composants de régulation de pression, numéro de commande 184472

Description	Numéro de commande	Quantité
Unité linéaire	167089	1
Poids de charge (5 kg)	034065	2
Contrôleur d'état	162253	1

Composants de contrôle de position, numéro de commande 184473

Matériel pour le cours TP 511


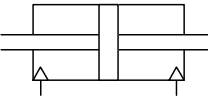


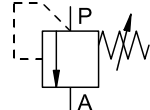
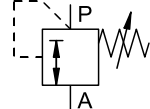

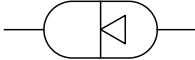

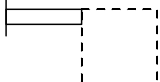

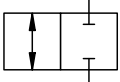
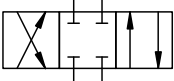
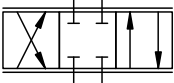
Description	Numéro de commande	Quantité
Vérin	159295	1

Composantes supplémentaires pour l'exercice 21

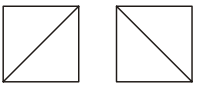
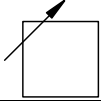
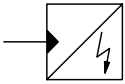

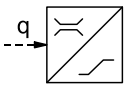

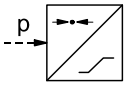



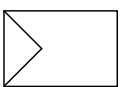
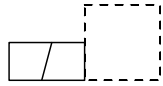
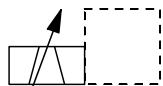

Description	Numéro de commande	Quantité
Groupe générateur de pression hydraulique (2 x 4 l)	159327	1
Tuyau de 600 mm	152960	7
Tuyau de 1000 mm	152970	4
Tuyau de 3000 mm	158352	2
Débitmètre*	152991	1
Capteur de pression*	152988	2
Indicateur universel*	152988	1
Appareil de mesure (pour remplacer *)		
Multimètre numérique	035681	1
Oscilloscope	152917	1
Générateur de fonctions	152918	1
Bloc d'alimentation	151503	1
Câble, BNC/4 mm	152919	3
Câble, BNC/BNC	158357	1
Pièce en forme de T, BNC	159298	1
Ensemble de câbles universels	030332	1
Petite plaque profilée	034000	1
Manuel D	093055	1
Manuel GB	093056	1

Accessoires optionnel

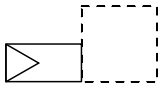
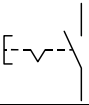

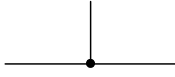
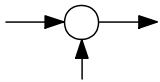





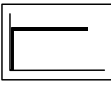

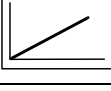

Symboles du matériel utilisé dans les montages

Nom	Explication	Symbole
Vérin à double effet	Piston à simple tige	
Vérin à double effet	Piston à tige double	
Manomètre		
Régulateur de débit	Ajustable	
Limiteur de pression	Ajustable	
Régulateur de pression	Ajustable	
Soupape d'arrêt		
Réservoir	Connections aux deux extrémités	
Source d'énergie	Hydraulique	
Opération manuelle	Générale	
Orifice de branchement		
Distributeur 2/2	Habituellement fermé	
Distributeur 4/3	En position demi-fermée	
Distributeur proportionnel 4/3	En position demi-fermée	

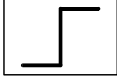
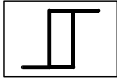
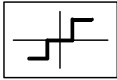

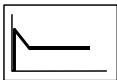
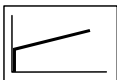





Symboles du matériel utilisé dans les montages

Nom	Explication	Symbole
Échelle linéaire	Général	
Ajusteur	Général	
Capteur	Hydraulique/électrique	
Manomètre	Général	
Capteur de débit	Électrique	
Limiteur	Électrique	
Capteur de pression	Électrique	
Débitmètre	Général	
Amplificateur	Général	
Amplificateur opérationnel	Général	
Régulateur	Général	
Commande électrique	Solénoïde à une bobine	
Commande électrique	Solénoïde à deux bobines opposées, ajustable à l'infini	
Commande manuelle	Au moyen d'un ressort	

Symboles du matériel utilisé dans les montages

Nom	Explication	Symbole
Commande par pilote	Indirecte par application d'une pression	
Commutateur	Fonction de cran	
Conduite de travail	Conduite servant à la circulation du fluide énergétique	
Borne côté source	Borne fixe	
Lien	Point de captage ou de sommation	
Ligne électrique	Ligne servant au transport de l'électricité	
Oscilloscope		
Indicateur	Voyant lumineux	
Voltmètre		
Masse		
Élément de transmission	Réponse en temps proportionnel	
Élément de transmission	Réponse en temps PT1	
Élément de transmission	Réponse en temps intégral	
Élément de transmission	Réponse en temps différentiel	

Symboles du matériel utilisé dans les montages

Nom	Explication	Symbole
Élément de transmission	Action à deux états, sans hystérésis	
Élément de transmission	Action à deux états, avec hystérésis	
Élément de transmission	Action à trois états	
Élément de transmission	Action à trois états avec deux hystérésis distincts	
Élément de transmission	Réponse en temps PD	
Élément de transmission	Réponse en temps PI	
Élément de transmission	Réponse en temps PID	
Générateur de fonction	Signal continu	
Générateur de fonction	Onde carrées	
Générateur de fonction	Onde sinusoïdal	
Générateur de fonction	Onde triangulaires	

Symboles du matériel utilisé dans les montages

Section A

Section A Cours

Exercice 1	
Appareil de flexion de tuyaux	A-3
Feuille de travail: Caractéristiques d'un capteur de pression	A-9
Exercice 2	
Fabrication de pièces en plastique	A-13
Feuille de travail: Courbe caractéristique de la pression d'un distributeur proportionnel 4/3	A-21
Exercice 3	
Extrusion à froid	A-25
Feuille de travail: Fonction de transfert d'un système asservi en pression	A-31
Exercice 4	
Machine à rouler des filets	A-33
Feuille de travail: Carte de contrôleur PID	A-37
Exercice 5	
Poinçonneuse	A-39
Feuille de travail: Contrôleur P	A-45
Exercice 6	
Vérin de serrage	A-49
Feuille de travail: Boucle de régulation de pression	A-57
Exercice 7	
Machine de moulage par injection	A-61
Feuille de travail: Fonctions de transfert des contrôleurs I et PI	A-71
Exercice 8	
Pressage de paliers	A-75
Feuille de travail: Contrôleurs D, PD et PID	A-85
Exercice 9	
Pincettes à soudage d'un robot	A-89
Feuille de travail: Boucle de régulation de pression munie d'un contrôleur PID	A-95
Exercice 10	
Rouleau de pression de laminoir	A-97
Feuille de travail: Méthode Ziegler-Nichols	A-101
Exercice 11	
Presse-plieuse munie d'un dispositif d'alimentation	A-105
Feuille de travail: Boucle de régulation avec interférences	A-111
Exercice 12	
Alimentation d'une fraiseuse	A-115
Feuille de travail: Le capteur de déplacement	A-121
Exercice 13	
Table de perceuse	A-125
Feuille de travail: Courbes caractéristiques du débit d'un distributeur proportionnel	A-133

Exercice 14	
Unité d'alimentation d'une station d'assemblage _____	A-141
Feuille de travail: Unité linéaire utilisé comme procédé de position _____	A-153
Exercice 15	
Simulateur de conduite _____	A-159
Feuille de travail: La boucle de régulation de position _____	A-167
Exercice 16	
Détourage _____	A-173
Feuille de travail: Déphasage _____	A-179
Exercice 17	
Station d'usinage _____	A-185
Feuille de travail: Contrôle de la position avec procédé modifié _____	A-189
Exercice 18	
Forage de surfaces de paliers _____	A-191
Feuille de travail: Interférences au niveau d'une boucle de régulation de position hydraulique _____	A-199
Exercice 19	
Alimentation d'un étau limeur _____	A-205
Feuille de travail: Contrôleur d'état _____	A-211
Exercice 20	
Alimentation en papier d'une imprimante _____	A-215
Feuille de travail: Boucle de régulation de position munie d'un contrôleur d'état _____	A-223
Exercice 21	
Rectifieuse horizontale _____	A-227
Feuille de travail: Interférences dans une boucle de régulation de position ____	A-239

Exercice 1

Appareil de flexion de tuyaux

- Objectifs de l'exercice
- Obtenir des connaissances sur le mode de fonctionnement d'un capteur de pression.
 - Être capable d'enregistrer et d'évaluer une courbe caractéristique.
 - Être capable de comprendre la signification d'une courbe caractéristique.

Connaissances techniques

Capteurs

Un capteur acquiert une valeur physique telle que la pression, la température, le débit ou la vitesse, et la convertit en un signal électrique ou mécanique. Le signal de sortie peut être de forme binaire, numérique ou analogique:

- Le signal de sortie binaire décrit deux états de commutation, c'est-à-dire ON et OFF, ou 0 V et 10 V.
- Le signal de sortie numérique correspond à un nombre créé par l'addition de plusieurs impulsions de même taille, c'est-à-dire les incréments d'une échelle ou les bits.
- Le signal de sortie analogique est produit dans une courbe continue. En théorie, il peut assumer n'importe quelle valeur intermédiaire. C'est par exemple le débattement à aiguille d'un manomètre ou d'un ampèremètre.

Les capteurs sont aussi appelés, à l'occasion, des convertisseurs de signaux ou, des systèmes de mesure et des convertisseurs de mesure quand ils sont joints à des asservissements.

Capteur de pression analogique

Le capteur utilisé dans ce cas convertit la valeur mesurée «pression» en un signal analogique électrique. Les caractéristiques du capteur sont:

Voltage d'alimentation	Valeur d'entrée	Valeur de sortie
13 à 30 V	0 à 100 bars	0 à 10 V ou 4 à 20 mA

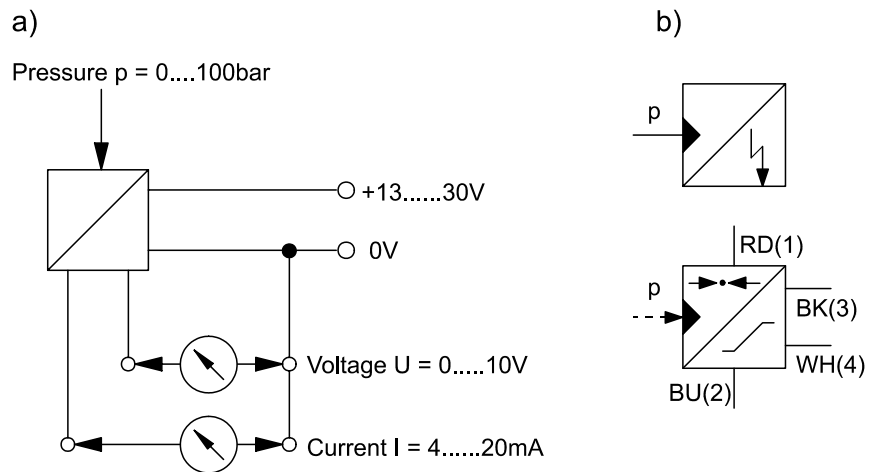


Figure A1.1: Circuit et schéma-bloc d'un capteur de pression analogique.

Courbe caractéristique

La relation entre la valeur d'entrée et la valeur de sortie d'un capteur est décrite au moyen d'une courbe caractéristique. Les données caractéristiques suivantes peuvent être lues (voir aussi figure A1.2):

- La **plage d'entrée** ou **plage de mesure** se situe entre la plus petite et la plus grande valeur d'entrée que l'on peut enregistrer.
- La **plage de sortie** se situe entre la plus petite et la plus grande valeur de sortie possible.
- Dans la **plage linéaire**, la caractéristique se présente sous forme d'une ligne droite avec une inclinaison constante qui génère une correspondance unique entre la variation du signal d'entrée et celle du signal de sortie. Les capteurs sont tout particulièrement adéquats pour mesurer les valeurs d'entrée de cette plage.
- Le **coefficient de transfert** (fréquemment appelés le **gain**) est proportionnel à l'inclinaison de la courbe caractéristique dans la plage linéaire. Par conséquent, il est calculé à partir de la variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée de telle sorte que:

$$\text{Coefficient de transfert } K = \frac{\Delta \text{ signal de sortie}}{\Delta \text{ signal d'entrée}}$$

- L'**hystérésis** décrit la différence entre les courbes caractéristiques enregistrées avec des valeurs mesurées croissantes et décroissantes qui devraient être aussi petites que possible. La différence maximale du pourcentage par rapport à la plage d'entrée représente les caractéristiques en vigueur:

$$\text{Hystérésis } H = \left(\frac{\text{divergence max.}}{\text{plage d'entrée}} \right) \cdot 100\%$$

Exercice 1

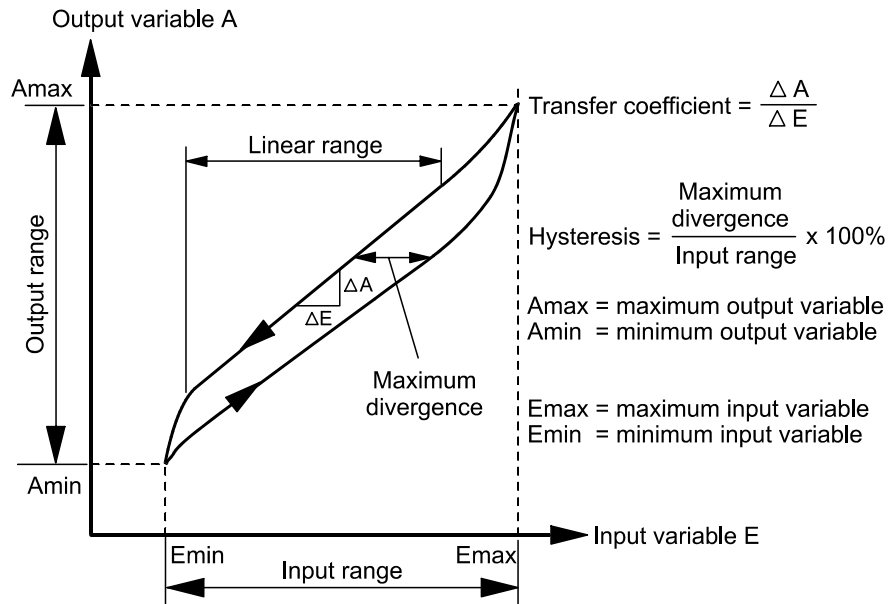


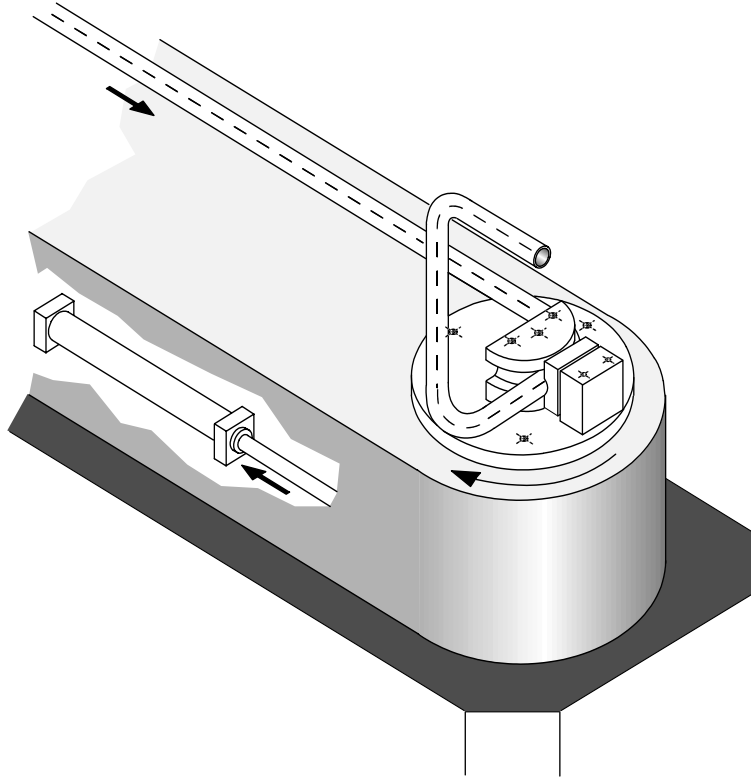
Figure A1.2: Courbe caractéristique d'un capteur.

Description du problème

Un appareil de flexion de tuyaux est utilisé pour plier des tuyaux de métal de divers diamètres, épaisseurs de paroi et matériaux de différentes dimensions. La force de flexion requise est fournie par un vérin hydraulique. La pression à l'intérieur du vérin hydraulique est maintenue à une valeur constante grâce à une boucle de contrôle de la pression. Le système de mesure à l'intérieur de la boucle de contrôle de la pression est un capteur de pression. L'asservissement doit être remis à zéro au cours du travail d'entretien. Tout d'abord, les valeurs caractéristiques du système de mesure doivent être vérifiées. Pour ce faire, la courbe caractéristique du capteur de pression doit être enregistrée.

Exercice 1

Croquis positionnel



Exercice

Courbe caractéristique d'un capteur de pression

1. Conception et construction du circuit de mesure.
2. Enregistrement de la courbe caractéristique du capteur de pression.
3. Détermination des caractéristiques du capteur de pression à partir des résultats de mesure.

Exécution

1. Circuit de mesure

Une courbe caractéristique doit en général être mesurée immédiatement en utilisant les appareils disponibles. De là, la valeur d'entrée du capteur de pression (= pression en bar) est mesurée au moyen d'un manomètre et la valeur de sortie (= voltage en V), au moyen d'un multimètre. La précision de ce type de circuit de mesure est en général suffisante pour vérifier la fonction du capteur.

Un limiteur de pression est utilisé dans le circuit hydraulique pour régler les différentes pressions. Ces dernières sont affichées au moyen d'un manomètre.

Le circuit électrique consiste en un voltage d'alimentation pour le capteur de pression et d'un appareil de mesure de voltage pour le signal de sortie du capteur de pression.

2. Courbe caractéristique

Tout d'abord, le limiteur de pression est complètement ouvert. Tout le débit d'huile revient dépressurisé de la pompe au réservoir. L'affichage du capteur de pression indique 0 V. La pression est alors augmentée petit à petit par la fermeture du limiteur de pression. Les niveaux de pression et l'affichage du capteur de pression est inscrits dans un tableau des valeurs. Dès que la pression maximale de la pompe a été atteinte, cette série de prise de mesures sont refaite avec une pression descendante.

Noter les données suivantes lors de l'enregistrement de la courbe caractéristique:

- Le réglage précis des valeurs de la pression.
- La hausse ou la chute de la pression lors de la prise des mesures.

La courbe caractéristique du capteur de pression est représentée en traçant

- la valeur d'entrée (pression p en bar) sur l'axe des x et
- la valeur de sortie (voltage V en volt) sur l'axe des y .

3. Caractéristiques

Les plus importantes caractéristiques d'un capteur de pression sont:

- La plage de mesure
- Les valeurs de connexion
- Le coefficient de transfert
- L'hystérésis

Ces valeurs peuvent être notées à partir de feuilles de données. Il est cependant souvent nécessaire de réaliser une vérification au moyen d'une série de prise de mesures.

Il est impossible d'établir une plage de mesure complète d'un capteur de pression avec les articles d'équipement disponibles. Puisque la pompe fournit moins de 100 bars, il est impossible de traverser toute la plage de pression d'entrée. Il est tout de même possible de calculer le coefficient de transfert dans la plage linéaire, qui est l'élément le plus important pour le réglage d'un asservissement. Il ne sert à rien de calculer l'hystérésis puisque toutes les différences qui risquent d'être trouvées sont plus dues à un manque de précision du manomètre qu'aux particularités du capteur de pression.

Exercise 1

Exercice 1: Feuille de travail

Caractéristiques d'un capteur de pression

1. Circuit de mesure

- Se familiariser avec les articles d'équipement requis.
Quelles caractéristiques décrivent le capteur de pression?

Plage d'entrée: _____

Plage de sortie: _____

Voltage d'alimentation: _____

Désigner les caractéristiques du manomètre:

Plage de mesure: _____

Précision des mesures: _____

- Construire le circuit de mesure en commençant par la partie hydraulique puis la partie électrique.

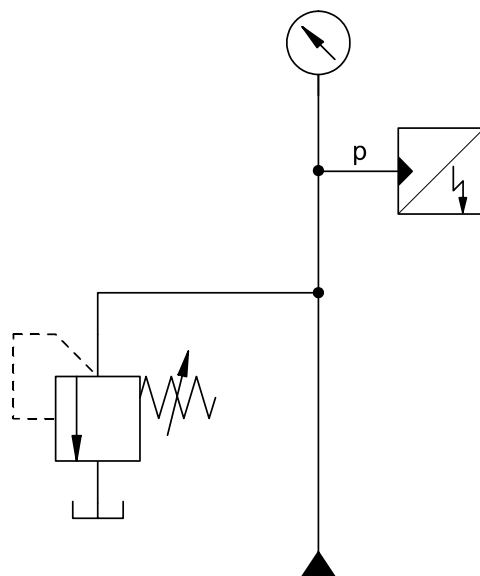


Schéma du circuit hydraulique

Exercice 1: Feuille de travail

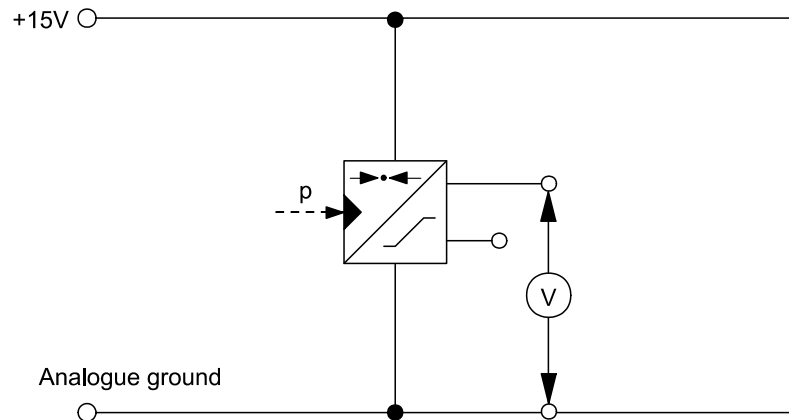


Schéma du circuit électrique

2. Courbe caractéristique

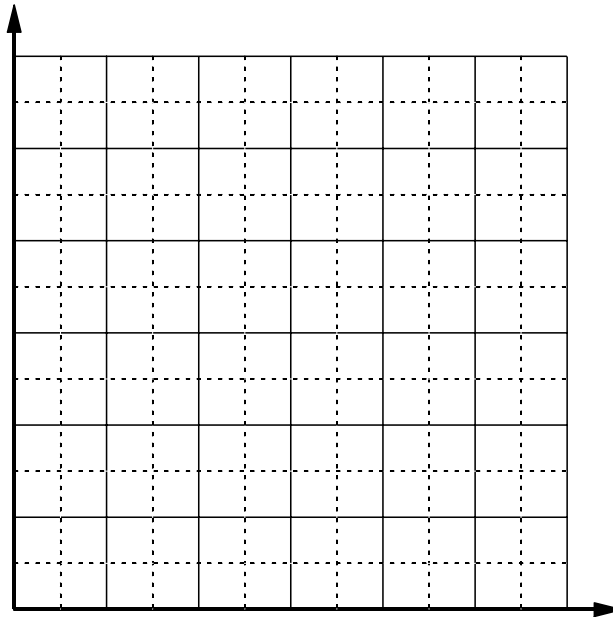
- Ouvrir complètement le limiteur de pression.
- Mettre en marche l'alimentation électrique en premier.
- Mettre en marche la pompe hydraulique en second.
Quel signal de sortie est fourni par le capteur de pression?

-
- Refermer doucement le limiteur de pression.
Traverser la plage de mesure en faisant un test.
 - Enregistrer la courbe caractéristique du capteur de pression.
Observer la direction de la prise des mesures: Valeur d'entrée croissante ou décroissante!

Valeur mesurée et unité	Valeurs mesurées										Direction de la prise des mesures
	0	10	20	30	40	50	60	70	80		
Pression p en bar											
Voltage V en volt											Hausse
Voltage V en volt											Baisse

Exercice 1: Feuille de travail

- Entrer les valeurs mesurées dans le schéma. Identifier les axes:
 - Axe des x pour la valeur d'entrée
 - Axe des y pour la valeur de sortie



3. Caractéristiques

- Établir les caractéristiques suivantes à partir du schéma:

Plage d'entrée: _____

Plage de sortie: _____

Plage de mesure: _____

Plage linéaire: _____

Coefficient de transfert: _____

Hystérésis: _____

