

# NORME INTERNATIONALE

ISO  
6403

Première édition  
1988-11-01

Corrigée et réimprimée  
1989-05-01



---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION  
ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION  
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

---

## Transmissions hydrauliques — Régulateurs de débit et de pression — Méthodes d'essai

*Hydraulic fluid power — Valves controlling flow and pressure — Test methods*

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 6403:1988

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46666694-d7af-4549-b60c-74667be0ca83/iso-6403-1988>

Numéro de référence  
ISO 6403:1988 (F)

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 6403 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 131, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques*.

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

## Sommaire

	Page
<b>0</b> Introduction .....	1
<b>1</b> Objet et domaine d'application .....	1
<b>2</b> Références .....	1
<b>3</b> Définitions .....	1
<b>4</b> Symboles et unités .....	2
<b>5</b> Installation d'essai — Caractéristiques générales .....	2
<b>5.1</b> Circuit d'essai .....	2
<b>5.2</b> Prises de pression et de température .....	2
<b>5.3</b> Filtration et niveau de pollution .....	3
<b>6</b> Conditions générales d'essai .....	3
<b>6.1</b> Fluide d'essai .....	3
<b>6.2</b> Températures d'essai .....	3
<b>6.3</b> Régime établi .....	3
<b>6.4</b> Pression d'épreuve .....	3
<b>7</b> Essai de distributeurs .....	4
<b>7.1</b> Circuit d'essai .....	4
<b>7.2</b> Caractéristiques pression différentielle/débit en régime établi .....	4
<b>7.3</b> Fuites internes .....	4
<b>7.4</b> Courbe enveloppe de commutation .....	4
<b>7.5</b> Caractéristiques transitoires .....	5
<b>8</b> Essai des clapets de non-retour .....	5
<b>8.1</b> Circuits d'essai .....	5
<b>8.2</b> Caractéristiques pression différentielle/débit .....	5
<b>8.3</b> Pression de pilotage .....	5
<b>8.4</b> Fuites .....	6
<b>9</b> Essai des appareils de réglage de la pression .....	6
<b>9.1</b> Circuits d'essai .....	6
<b>9.2</b> Réglage de la commande .....	6
<b>9.3</b> Limiteurs de pression .....	6
<b>9.4</b> Détendeurs .....	7
<b>9.5</b> Appareils déchargeables .....	7

# ISO 6403 : 1988 (F)

<b>10</b>	Essai des appareils de réglage du débit .....	7
<b>10.1</b>	Circuits d'essai .....	7
<b>10.2</b>	Caractéristiques débit/pression en régime établi .....	7
<b>10.3</b>	Réglage de la commande .....	7
<b>10.4</b>	Essais en régime transitoire pour appareils avec compensation de pression .....	7
<b>11</b>	Essai des diviseurs de débit .....	8
<b>11.1</b>	Circuit d'essai .....	8
<b>11.2</b>	Caractéristiques de débit/pression en régime établi .....	8
<b>11.3</b>	Caractéristiques en régime transitoire .....	8
<b>12</b>	Procès-verbal d'essai .....	9
<b>12.1</b>	Généralités .....	9
<b>12.2</b>	Données d'essai .....	9
<b>12.3</b>	Résultats d'essai .....	10
<b>13</b>	Phrase d'identification .....	11
<b>Figures 1 à 19</b> .....		12 à 27

## Annexes

<b>A</b>	Erreurs et classes de mesure .....	28
<b>B</b>	Emploi des unités pratiques .....	29

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46666694-d7af-4549-b60c-74667be0ca83/iso-6403-1988>

# Transmissions hydrauliques — Régulateurs de débit et de pression — Méthodes d'essai

## 0 Introduction

Dans les systèmes de transmissions hydrauliques, l'énergie est transmise et commandée par l'intermédiaire d'un liquide sous pression circulant en circuit fermé. Des régulateurs hydrauliques peuvent être utilisés pour régler le sens de l'écoulement, la pression ou le débit du fluide de travail par ajustement de leur résistance à l'écoulement.

L'ISO 4411 spécifie des méthodes permettant de déterminer les caractéristiques de débit et de pression différentielle des régulateurs hydrauliques en régime établi.

Les conditions d'essai en cours de fabrication peuvent différer des conditions spécifiées dans la présente Norme internationale.

## 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les méthodes à employer pour essayer les régulateurs hydrauliques utilisés pour réguler le débit ou la pression dans un circuit et en déterminer les caractéristiques de fonctionnement en régime établi ou dynamique.

Elle donne les conditions d'installation requises pour les essais ainsi que la manière d'effectuer les mesurages et de présenter les résultats. Elle ne se propose pas de fixer des limites de fonctionnement, l'aptitude à l'emploi d'un régulateur particulier étant à convenir entre le fabricant et l'utilisateur.

La précision de mesure se divise en trois classes A, B et C explicitées dans l'annexe A. Des directives d'emploi des limites pratiques de présentation des résultats figurent dans l'annexe B.

La présente Norme internationale ne traite pas des appareils de régulation proportionnelle. Les servodistributeurs à modulation électrique sont traités dans l'ISO 6404.

## 2 Références

ISO 1219, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques — Symboles graphiques.*

ISO 4411, *Transmissions hydrauliques — Appareils de distribution — Détermination des caractéristiques pression différentielle/débit.*

ISO 5598, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques — Vocabulaire.*

Publication CEI 85, *Évaluation et classification thermiques de l'isolation électrique.*

## 3 Définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale les définitions données dans l'ISO 5598 et les définitions suivantes sont applicables.

**3.1 purge :** État du circuit prévoyant une régulation du débit d'entrée dans un composant par dérivation d'une partie de l'écoulement vers un réservoir ou vers une partie du circuit sous pression inférieure.

**3.2 régulation sur alimentation :** État du circuit permettant de réguler le débit d'entrée dans un composant.

**3.3 régulation sur retour :** État du circuit permettant de réguler le débit de sortie d'un composant.

**3.4 raideur volumétrique :** Raideur d'une section donnée d'un circuit hydraulique déterminée par la valeur de la dérivée partielle  $\frac{\partial p}{\partial V}$  du fluide contenu dans cette partie du circuit.

**4 Symboles et unités**

4.1 Les symboles et unités employés tout au long de la présente Norme internationale sont indiqués dans le tableau 1.

**Tableau 1 — Symboles et unités**

Grandeur	Symbole	Dimension <sup>1)</sup>	Unité SI <sup>2)</sup>
Diamètre nominal de l'appareil	<i>D</i>	L	m
Force	<i>F</i>	MLT <sup>-2</sup>	N
Déplacement linéaire de l'élément mobile	<i>L</i>	L	m
Déplacement angulaire de l'élément mobile	<i>β</i>	—	rad
Débit-volume	<i>q<sub>v</sub></i>	L <sup>3</sup> T <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> /s
Diamètre intérieur de la tuyauterie	<i>d</i>	L	m
Pression, pression différentielle	<i>p, Δp</i>	ML <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>	Pa
Temps	<i>t</i>	T	s
Masse volumique du fluide	<i>ρ</i>	ML <sup>-3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
Viscosité cinématique	<i>ν</i>	L <sup>2</sup> T <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> /s
Température (ordinaire)	<i>θ</i>	Θ	°C
Module de compressibilité volumique isentropique	<i>K<sub>s</sub></i>	ML <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>	Pa
Volume	<i>V</i>	L <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>

1) M = masse; L = longueur; T = temps; Θ = température  
 2) Les unités pratiques utilisables pour la présentation des résultats figurent dans l'annexe B.

4.2 Les symboles graphiques employés sur les diagrammes de circuits d'essai sont conformes à l'ISO 1219.

**5 Installation d'essai — Caractéristiques générales**

**5.1 Circuit d'essai**

5.1.1 Un circuit d'essai similaire à l'un de ceux représentés aux figures 1 et 5 à 13 doit être utilisé selon le type de régulateur essayé et les conditions requises dans la présente Norme internationale.

**NOTES**

1 Les figures 1 et 5 à 13 représentent des circuits de base spécifiques à un ou plusieurs essais et utilisant un minimum d'éléments. Il est toutefois admis d'utiliser un circuit d'essai intégré couvrant deux conditions d'essai ou plus.

2 Les schémas repris dans la présente Norme internationale pour représenter les circuits d'essai de base ne comportent pas tous les dispositifs de sûreté nécessaires pour protéger le circuit des défaillances d'un élément donné. Il est essentiel que les responsables de l'exécution des essais prennent toutes les mesures nécessaires de sauvegarde du personnel et des matériels.

5.1.2 L'alimentation en fluide doit avoir un débit contrôlable dont le maximum est supérieur au débit nominal du régulateur essayé.

5.1.3 Un régulateur de pression doit être installé dans la conduite d'alimentation pour protéger le circuit contre les surpressions.

D'autres appareils de régulation, en tant que de besoin, doivent être installés à divers endroits du circuit pour contrôler le débit ou la pression.

5.1.4 Le diamètre intérieur des tuyauteries et raccords en liaison avec le régulateur essayé et qui renferment des prises de pression, doit être compatible avec le diamètre des orifices.

5.1.5 Les orifices de purge doivent être raccordés à un réservoir.

**5.2 Prises de pression et de température**

**5.2.1 Emplacement des prises de pression**

NOTE — Dans le cas de mesures de classe de précision C (voir annexe A), les relevés de pression effectués pour des raisons de commodité à d'autres endroits que les emplacements fixés dans ce paragraphe donneront une précision suffisante si l'on effectue, le cas échéant, les corrections nécessaires pour tenir compte des pertes de charge dans les tuyauteries.

Des prises de pressions doivent être prévues en amont et en aval de l'appareil vérifié et si besoin est, à d'autres sorties.

5.2.1.1 La prise de pression située à l'entrée de l'appareil doit être

- a) à au moins 10*d* en aval de tout élément perturbateur, tel que robinet ou coude, et
- b) à 5*d* au moins en amont de l'appareil vérifié.

5.2.1.2 La prise de pression de sortie doit être à au moins 10*d* en aval de l'appareil vérifié.

5.2.1.3 Les valeurs de perte de charge dans la tuyauterie doivent être corrigées de la manière indiquée dans l'ISO 4411.

**5.2.2 Prises de pression**

5.2.2.1 Les prises de pression doivent avoir un diamètre égal ou inférieur à 0,1*d* mais au moins égal à 1 mm et n'excédant pas 6 mm.

5.2.2.2 La surface interne de la tuyauterie au niveau du trou doit être soigneusement ébarbée sans détruire l'arête vive de l'orifice.

5.2.2.3 La longueur de la prise de pression doit être au moins égale au double de son diamètre.

5.2.2.4 L'alésage de la tuyauterie comportant la prise doit être propre et lisse.

**5.2.2.5** Les tuyauteries reliant les instruments doivent avoir un diamètre intérieur d'au moins 3 mm.

**5.2.2.6** Tout l'air ayant pu être entraîné entre la prise de pression et l'instrument de mesure doit être purgé.

**5.2.3 Emplacement de la prise de température**

La température du fluide à l'entrée de l'appareil doit être mesurée à une distance de 15*d* et pas davantage en amont de la prise de pression d'entrée.

**5.3 Filtration et niveau de pollution**

**5.3.1** Des filtres choisis de manière que le niveau de filtration soit au moins égal à celui que recommande le fabricant de l'appareil doivent être installés.

**5.3.2** L'emplacement et la description de chaque filtre monté dans le circuit d'essai doivent figurer dans le procès-verbal d'essai.

**5.3.3** Lors d'essais réalisés conformément aux conditions des chapitres 7 à 11, si des discordances se produisent en raison d'engorgements, le niveau de filtration doit permettre d'effectuer les mesurages en moins de 60 s. Le niveau réel de filtration doit être indiqué dans le procès-verbal d'essai.

**5.3.4** Le niveau réel de pollution du fluide d'essai doit être déterminé à partir d'échantillon prélevés en cours d'essai. La méthode d'essai utilisée doit être indiquée dans le procès-verbal d'essai.

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 6403:1988  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46666694-d7af-4549-b60c-74667be0ca83/iso-6403-1988>

**6 Conditions générales d'essai**

**6.1 Fluide d'essai**

**6.1.1** Concernant le fluide d'essai, les informations suivantes doivent être mentionnées dans le procès-verbal d'essai :

- a) sa description;
- b) sa viscosité cinématique,  $\nu$ , et sa masse volumique,  $\rho$ , à la température contrôlée de l'essai;
- c) son module de compressibilité isentropique,  $K_s$  (en cas d'essais dynamiques).

**6.1.2** S'il est nécessaire de déterminer les effets de la viscosité, des essais à température(s) fixe(s) convenue(s) doivent être effectués en utilisant des fluides de viscosité différente appartenant à la même catégorie fondamentale; les détails doivent être indiqués dans le procès-verbal.

**6.2 Températures d'essai**

**6.2.1** Les essais doivent être effectués aux températures convenues d'admission du fluide.

Ces températures doivent être choisies dans la gamme recommandée par le fabricant de l'appareil; les détails doivent être indiqués dans le procès-verbal d'essai.

**6.2.2** Avant que les températures soient choisies, on doit vérifier si le régulateur doit être soumis à un essai de compensation de température.

**6.2.3** Si les température d'essai choisies sont égales ou supérieures à 25 °C, l'appareillage et le fluide d'essai doivent être stabilisés à cette température avant le début des essais. Cette température doit être maintenue pendant toute la durée de l'essai.

**6.2.4** Si les températures d'essai choisies sont inférieures à 25 °C (considérées comme des températures de «départ à froid»), la température du fluide peut augmenter une fois l'essai commencé. Les valeurs de température, pression et débit en fonction du temps, doivent être enregistrées.

**6.3 Régime établi**

**6.3.1** Chaque série de mesurages doit être effectuée lorsque la valeur des paramètres vérifiés se trouve dans les limites données dans le tableau 2.

**6.3.2** Le nombre des relevés à effectuer et leur position dans l'étendue de mesure doivent être choisis de manière à donner une indication représentative du fonctionnement de l'appareil sur toute la gamme de variation de la fonction considérée.

**6.3.3** Pour assurer la répétabilité des résultats, les valeurs moyennes de paramètres mesurés sur un intervalle de temps convenu doivent être déterminées.

**Tableau 2 — Limites de variation possible des valeurs moyennes indiquées des paramètres contrôlés**

Paramètre contrôlé	Limites de variation possible des valeurs moyennes indiquées des paramètres contrôlés dans les classes de mesure <sup>1)</sup>		
	A	B	C
Débit, %	± 0,5	± 1,5	± 2,5
Pression, %	± 0,5	± 1,5	± 2,5
Température du fluide, K	± 1	± 2	± 4
Viscosité, %	± 5	± 10	± 15

1) Voir annexe A.

**6.4 Pression d'épreuve**

**6.4.1** Un essai sous pression d'épreuve conformément de 6.4.1.1 à 6.4.1.5 doit être effectué pour tester l'intégrité de l'appareil avant tout autre essai.

**6.4.1.1** Exercer sur chaque orifice (autre qu'un orifice de purge) une pression d'épreuve correspondant à 1,5 fois la pression de service théorique maximale en continu pour l'orifice considéré.

**6.4.1.2** Augmenter la pression d'environ 2 % de la pression d'épreuve par seconde et maintenir la pression d'épreuve pendant 5 min.

**6.4.1.3** À la fin de cette période, on ne doit constater aucune fuite extérieure de fluide.

**6.4.1.4** Sauf limite imposée par le fabricant pour l'orifice de sortie, soumettre simultanément les orifices d'entrée et de sortie à leur pression d'épreuve respective pendant une durée de 5 min.

**6.4.1.5** Durant cette période, aucune fuite extérieure de fluide ne doit se produire.

## 7 Essai de distributeurs

### 7.1 Circuit d'essai

Un circuit d'essai conforme à celui représenté à la figure 1 doit être utilisé.

### 7.2 Caractéristiques pression différentielle/débit en régime établi

Déterminer les caractéristiques pression différentielle/débit aux positions convenues de l'élément régulateur conformément aux prescriptions de l'ISO 4411.

### 7.3 Fuites internes

**7.3.1** Immédiatement avant l'essai, faire fonctionner le distributeur au moins 10 fois, successivement et rapidement, sur la totalité de son cycle de fonctionnement.

**7.3.2** Déterminer le taux de fuite entre les orifices en appliquant les pressions convenues à chacun des orifices essayés.

### 7.4 Courbe enveloppe de commutation

#### 7.4.1 Généralités

L'objet de ces essais est de déterminer les seuils de fonctionnement, c'est-à-dire, les valeurs maximales de pression et de débit pour lesquelles l'élément mobile peut fonctionner sur la totalité de sa gamme de déplacement dans les deux sens de sa course (voir figure 2).

Le mouvement de l'élément mobile doit être contrôlé par des capteurs de déplacement.

Les méthodes d'essai spécifiées de 7.4.2 à 7.4.5 pour les distributeurs dont l'élément mobile est commandé par un électroaimant, une pression de pilotage ou une force avec ou sans rappel par ressort doivent être utilisées.

Pour éviter les incohérences dues à un possible engorgement, effectuer chaque série de mesurages dans les 60 s qui suivent le réglage de position de la commande.

#### 7.4.2 Distributeurs à commande directe par électroaimant

**7.4.2.1** Les essais doivent être effectués à la température stable maximale compatible avec l'électroaimant. Cette température doit se trouver dans les limites recommandées dans la Publication CEI 85 pour la classe d'isolement caractérisant le bobinage.

**7.4.2.2** Déterminer la température de l'électroaimant avec le bobinage sous tension nominale continue de service et dans des conditions de débit nul, la totalité du distributeur se trouvant à la température ambiante choisie dans la gamme des valeurs données de 7.4.2.2.1 à 7.4.2.2.4. La température moyenne du bobinage se calcule en fonction de la variation de résistance du bobinage après diverses périodes de prise sous tension.

**7.4.2.2.1** Mesurer la résistance de base après mise hors tension du distributeur pendant au moins 4 h à la température ambiante convenue.

**7.4.2.2.2** Mettre l'électroaimant sous tension pendant 1 h. À la fin de cette période, mesurer la résistance 15 s après la mise hors tension, puis toutes les 15 s qui suivent pendant 90 s.

**7.4.2.2.3** Répéter l'étape 7.4.2.2.2 autant de fois qu'il est nécessaire avant que la température se stabilise.

**7.4.2.2.4** Déterminer la température au moment de mise hors tension par une rétroanalyse. Il s'agit de la température du bobinage sous tension continue.

**7.4.2.3** Tous les autres essais doivent être effectués après une période de mise sous tension suffisante pour qu'on soit sûr d'avoir atteint une température stabilisée.

**7.4.2.4** Les seuils de fonctionnement du distributeur doivent être déterminés, sauf accord contraire, à une tension inférieure de 10 % à la tension nominale.

**7.4.2.5** Les essais doivent être effectués sur des gammes convenues de pression et de débit pour déterminer les conditions limites où l'élément mobile n'atteint plus son maximum de déplacement sous l'action de la force produite par l'électroaimant d'une part et du rappel exercé par le ressort ou l'électroaimant de sens contraire d'autre part.

**7.4.2.6** D'après les données obtenues sur un nombre convenu d'essais répétés, au moins égale à six, déterminer les valeurs limites de bon fonctionnement.

**7.4.2.7** Pour vérifier que la tension demeure constante à tous les niveaux du courant, effectuer un enregistrement dans le temps de courant absorbé par l'électroaimant et de la tension aux bornes de la bobine.

#### 7.4.3 Distributeurs à deux étages commandés par électroaimant

**7.4.3.1** Des essais doivent être effectués pour déterminer la pression de pilotage à laquelle l'élément mobile final n'arrive plus à parcourir sa course complète.

**7.4.3.2** Ces essais doivent être réalisés sur une gamme convenue de pressions et de débits, à indiquer dans le procès-verbal d'essai.

**7.4.3.3** Régler la tension de l'électroaimant à 10 % en dessous de la tension nominale, sauf accord contraire.

**7.4.3.4** D'après les données obtenues sur un nombre convenu d'essais répétés, au moins égal à six, déterminer les valeurs limites de bon fonctionnement.

**7.4.3.5** Pour vérifier que la tension demeure constante à tous les niveaux de courant, effectuer un enregistrement dans le temps du courant absorbé par l'électroaimant et de la tension aux bornes de la bobine.

#### 7.4.4 Distributeurs commandés par pression pilote

**7.4.4.1** Des essais doivent être effectués pour déterminer la pression minimale de pilotage à laquelle l'élément mobile final n'arrive plus à parcourir sa course complète sous l'effort exercé soit par le pilote et par le ressort de rappel, soit par le piston d'inversion de marche du pilote.

**7.4.4.2** Ces essais doivent être réalisés sur une gamme convenue de pressions et débits, à indiquer dans le procès-verbal d'essai.

**7.4.4.3** Par accord, ces essais doivent être effectués comme suit :

- en augmentant progressivement la pression de pilotage à une vitesse n'excédant pas 2 % de la pression de pilotage nominale par seconde, ou bien
- en augmentant la pression de pilotage de façon dynamique d'au moins 700 MPa/s (7 000 bar/s), ou encore
- en combinant a) et b).

**7.4.4.4** D'après les données obtenues sur un nombre convenu d'essais répétés, au moins égal à six, déterminer les valeurs limites de bon fonctionnement.

#### 7.4.5 Distributeurs à commande mécanique

**7.4.5.1** Les essais doivent être effectués sur une gamme convenue de pressions et de débits, à indiquer dans le procès-verbal d'essai.

**7.4.5.2** D'après les données obtenues sur un nombre convenu d'essais répétés, au moins égal à six, déterminer les valeurs limites de bon fonctionnement.

### 7.5 Caractéristiques transitoires

**7.5.1** Déterminer les caractéristiques transitoires des distributeurs à un débit équivalent à 80 % du seuil de commutation, à la pression nominale maximale et, si nécessaire, à la pression de pilotage convenue.

**7.5.2** Pour ces essais, la capacité des circuits côté sortie du distributeur doit être limitée au volume correspondant au distributeur et aux collecteurs qui lui sont associés.

**7.5.3** Obturer les orifices de manière adaptée aux pressions appliquées et remplir au préalable les volumes de fluide de travail.

**7.5.4** Pour les distributeurs commandés par électroaimant, l'essai doit être effectué à la tension nominale et dans les conditions de température de l'électroaimant indiquées en 6.2, la commutation intervenant au moment du passage à l'intensité zéro en cas de fonctionnement sur courant alternatif.

**7.5.5** Pour les distributeurs à commande pilotée par pression, une vitesse de variation de la pression dans le circuit de pilotage doit être adoptée afin d'arriver à un fonctionnement rapide de l'élément mobile, le mécanisme étant mis en marche par la chute d'un poids par exemple.

**7.5.6** Calculer si possible les temps de retard  $t_1$  et  $t_2$  et les temps de réponse  $t_3$  et  $t_4$  d'après les enregistrements du déplacement de l'élément mobile sous l'effet du signal envoyé à l'élément de commande (voir figure 3).

**7.5.7** En présentant ces données, la technique utilisée pour mesurer le déplacement doit être décrite également.

**7.5.8** En variante, calculer les temps de retard  $t_5$  et  $t_6$  et les temps de réponses  $t_7$  et  $t_8$  d'après les enregistrements de la vitesse de variation de la pression aux orifices de sortie sous l'effet du signal de commande envoyé à l'élément mobile (voir figure 4).

## 8 Essai des clapets de non-retour

### 8.1 Circuits d'essai

**8.1.1** Les circuits d'essai conformes à ceux représentés aux figures 5 et 6 pour les clapets à commande directe, et à la figure 7 pour les clapets pilotés par pression doivent être utilisés.

**8.1.2** Pour les essais de clapets de non-retour mus par pression de pilotage, où l'écoulement s'effectue de l'orifice A vers l'orifice B, les essais doivent être réalisés en appliquant ou en n'appliquant pas de pression à l'orifice X. Lorsque le débit est inversé, c'est-à-dire quant l'écoulement s'effectue de l'orifice B vers l'orifice A, la pression de pilotage doit être appliquée à l'orifice X.

### 8.2 Caractéristiques pression différentielle/débit

Déterminer les caractéristiques de pression différentielle/débit conformément aux prescriptions de l'ISO 4411.

### 8.3 Pression de pilotage

**8.3.1** Le but de l'essai est de déterminer

- la pression minimale de pilotage,  $p_{X, \text{ouvert}}$ , nécessaire d'une part pour ouvrir le clapet et d'autre part pour le maintenir en position d'ouverture totale;
- la pression maximale de pilotage,  $p_{X, \text{fermé}}$ , permettant au clapet de retomber sur son siège sur un gamme convenue de pressions  $p_A$  et  $p_B$ , et de débits  $q_V$ .

NOTE — Déterminer  $p_A$  avant ouverture du clapet.

**8.3.2** Les paramètres  $p_A$ ,  $p_B$  et  $q_V$  étant stabilisés, augmenter la pression de pilotage,  $p_X$ , de zéro à la valeur correspondant au débit  $q_V$ .

**8.3.3** Enregistrer sur un appareil adéquat la pression de pilotage,  $p_X$ , et le débit,  $q_V$ , et d'après cet enregistrement, déterminer la valeur minimale de  $p_{X, \text{ouvert}}$ , nécessaire à la fois pour ouvrir le clapet et établir les conditions de débit choisies.

**8.3.4** Le paramètre  $p_A$  étant à une valeur aussi basse que possible et les paramètres  $p_B$  et  $q_V$  étant stabilisés, diminuer la pression de pilotage,  $p_X$ , au moins jusqu'à ce que le clapet se referme.

**8.3.5** Enregistrer la pression de pilotage,  $p_X$ , et le débit,  $q_V$ , sur un appareil approprié et, d'après l'enregistrement, déterminer la pression de pilotage maximale,  $p_{X, \text{fermé}}$ , faisant refermer le clapet.

## 8.4 Fuites

Les essais de fuite indiqués en 8.4.1 et 8.4.2 doivent être effectués sur des périodes de 5 min et les grandeurs mesurées doivent être enregistrées.

### 8.4.1 Clapets à action directe

Mesurer la fuite de l'orifice A en appliquant les différentes pressions spécifiées à l'orifice B et en maintenant l'orifice A à la pression atmosphérique.

### 8.4.2 Clapets pilotés

Mesurer la fuite de l'orifice A en appliquant les différentes pressions spécifiées à l'orifice B et en maintenant les orifices A et X à la pression atmosphérique. Mesurer aussi, si nécessaire, le débit de l'orifice de purge Y.

## 9 Essai des appareils de réglage de la pression

### 9.1 Circuits d'essai

**9.1.1** Des circuits d'essai correspondant à ceux représentés aux figures 8 et 9 respectivement doivent être utilisés pour les limiteurs de pression et les détendeurs.

**9.1.2** L'amplitude des variations de pression mesurées dans le circuit d'alimentation ne doit pas dépasser  $\pm 0,5$  MPa (5 bar).

**9.1.3** La raideur volumétrique des pièces appropriées de l'appareil et du circuit doit être telle que la vitesse de variation de la pression ne dépasse pas les limites de la gamme convenue, à choisir dans la liste suivante :

- 3 000 à 4 000 MPa/s (30 000 à 40 000 bar/s)
- 600 à 800 MPa/s ( 6 000 à 8 000 bar/s)
- 120 à 160 MPa/s ( 1 200 à 1 600 bar/s)

### 9.2 Réglage de la commande

**9.2.1** Avant d'effectuer les mesurages spécifiés en 9.2.2, faire fonctionner l'appareil au moins 10 fois successivement et rapidement sur la totalité de son cycle de fonctionnement.

**9.2.2** Mesurer le couple, la force, la pression ou l'énergie électrique nécessaire pour modifier le réglage de la commande du minimum au maximum de la gamme de pressions et retour, et cela sur toute la gamme convenue des débits passant par l'appareil. Enregistrer ces valeurs dans le procès-verbal d'essai.

**9.2.3** Pour éviter les incohérences dues à un possible engorgement, effectuer chaque série de mesurages dans les 60 s qui suivent le réglage de position de la commande.

## 9.3 Limiteurs de pression

### 9.3.1 Caractéristiques pression/débit en régime établi

**9.3.1.1** Mesurer la pression d'entrée  $p_a$ , telle que relevée par l'instrument **5a** de la figure 8, pour une gamme de débits allant de zéro à la valeur maximale convenue en débit croissant puis en débit décroissant, en un nombre convenue de réglages de l'élément mobile du limiteur y compris le minimum et le maximum indiqués sur l'appareil.

**9.3.1.2** La pression  $p_b$  sur la conduite de retour, telle que relevée par l'instrument **5b** de la figure 8 à la sortie de l'appareil essayé, doit être réglée par action de la vanne **8**, de telle sorte qu'elle se maintienne constamment au(x) niveau(x) convenue(s).

### 9.3.2 Caractéristiques transitoires

**9.3.2.1** Mesurer la pression transitoire  $p_a$ , pour un réglage donné de l'appareil essayé aux valeurs de débit convenues, en utilisant le robinet **3a** (tel qu'indiqué à la figure 8) qui, à vide, réduit la pression à l'entrée de l'appareil essayé à moins de 20 % de la pression de service exigée. La pression  $p_a$  est indiquée par l'instrument **5a** de la figure 8.

**9.3.2.2** Pendant les essais relatifs aux caractéristiques de pression transitoire, la vanne **8** de la figure 8 doit être complètement ouverte.

**9.3.2.3** Enregistrer la courbe pression/temps et déduire ou enregistrer le taux de variation de la pression. Enregistrer la valeur moyenne de l'augmentation linéaire, en mégapascals par seconde (MPa/s) [bars par seconde (bar/s)], dans la partie de l'enregistrement compris entre la mise en service du robinet **3a** jusqu'au point de discontinuité, c'est-à-dire jusqu'au point à partir duquel le régulateur commence à décoller comme indiqué à la figure 17. Vérifier que, au débit maximum autorisé, ce taux, ramené à un taux linéaire, ne dépasse pas les niveaux choisis, spécifiés en 9.1.3.

**9.3.2.4** Le temps de fonctionnement du robinet **3a** (tel qu'indiqué à la figure 8) ne doit pas excéder 10 % de la partie rendue linéaire de la courbe pression/temps telle que décrite en 9.3.2.3.

**9.3.2.5** L'appareil utilisé pour mesurer le gradient de pression dû à la compressibilité de l'huile, calculé d'après l'expression  $\frac{dp}{dt} = \frac{q_V \cdot K_s}{V}$  correspond à au moins 10 fois le gradient mesuré,  $V$  étant le volume de fluide contenu entre l'appareil

essayé **6** et les robinets **3a** et **3b**, doit avoir une capacité de réponse d'au moins 10 fois le gradient mesuré.

NOTE — Le temps de réponse de l'appareil essayé et sa durée de rétablissement sont définis à la figure 17.

**9.3.2.6** Lorsqu'on vérifie un appareil de régulation de la pression, l'indicateur de débit **9** doit indiquer un débit nul dans le limiteur de pression **2** du circuit d'essai.

## 9.4 Détendeurs

### 9.4.1 Caractéristiques pression/débit en régime établi

**9.4.1.1** Mesurer la pression de sortie en régime établi pour des paliers de débit réglés par l'appareil **8** croissant de zéro au maximum, puis décroissant jusqu'à zéro.

**9.4.1.2** Effectuer ces mesurages sur une gamme convenue de pressions d'entrée réglées par l'appareil **2a** et de réglage de l'élément mobile incluant les réglages maximal et minimal.

**9.4.1.3** Déterminer aussi le débit de fuite à l'aide du débitmètre **7b**.

**9.4.1.4** Répéter, si nécessaire, la procédure en inversant le sens d'écoulement, l'orifice A étant à la pression atmosphérique.

### 9.4.2 Caractéristiques transitoires

**9.4.2.1** Des essais en régime transitoire mesurant la pression de sortie doivent être effectués sur une gamme convenue de réglages de pression, conformément à la procédure donnée en 9.3.2 pour les limiteurs de pression, dans le sens normal d'écoulement et, sur accord, dans le sens contraire.

**9.4.2.2** Moduler la pression d'entrée et le débit de sortie pour chaque réglage de pression par paliers convenus.

**9.4.2.3** Faire varier comme convenu la pression sur la gamme convenue de débits portant sur l'entrée, avec une pression initiale de moins de 50 % du réglage du détendeur pour garantir que l'élément mobile est à ce moment complètement ouvert.

## 9.5 Appareils déchargeables

**9.5.1** Les limiteurs de pression ou détendeurs pilotés peuvent être déchargés (c'est-à-dire ramenés à la pression minimale de réglage) par court-circuitage de l'étage de pilotage à l'aide d'un robinet de décharge **3b** (voir figures 8 et 9).

**9.5.2** Mesurer les pressions minimales résultantes de service de l'appareil, essai sur une gamme convenue de débits correspondant aux paragraphes pertinents de l'ISO 4411.

**9.5.3** Des essais en régime transitoire, analogues à 9.3.2 ou 9.4.2 doivent être effectués afin de déterminer le temps nécessaire pour atteindre la pression minimale et pour rétablir la pression maximale, une fois la décharge effectuée par l'appareil **3b**.

**9.5.4** Le robinet de décharge **3b** peut être actionné manuellement ou hydrauliquement ou encore à l'aide d'un servodistributeur hydroélectrique ou commandé par un électroaimant dans la mesure où son temps de fonctionnement ne dépasse pas 10 % du temps de réponse mesuré et au maximum 10 ms.

## 10 Essai des appareils de réglage du débit

### 10.1 Circuits d'essai

**10.1.1** Des circuits d'essai conformes à ceux représentés aux figures 10, 11 et 12 doivent être utilisés.

**10.1.2** Un accumulateur de volume suffisamment grand pour maintenir la pression d'alimentation dans les limites indiquées dans le tableau 2 doit être installé dans le circuit d'essai.

**10.1.3** L'amplitude des variations de pression mesurées dans le circuit d'alimentation ne doit pas dépasser  $\pm 0,5$  MPa (5 bar).

### 10.2 Caractéristiques débit/pression en régime établi

Le débit régulé et le débit de dérivation doivent être mesurés sur toute la gamme convenue des réglages de l'élément mobile et des pressions différentielles.

#### 10.2.1 Appareils à compensation de pression

Les essais doivent être effectués à des paliers convenus de pressions d'entrée et de sortie compris entre le minimum et le maximum des pressions et débits spécifiés.

#### 10.2.2 Appareils sans compensation de pression

Les essais doivent être effectués conformément aux prescriptions de l'ISO 4411.

### 10.3 Réglage de la commande

**10.3.1** Avant d'effectuer les mesurages spécifiés en 10.3.2, faire fonctionner l'appareil au moins 10 fois successivement et rapidement sur la totalité de son cycle de fonctionnement.

**10.3.2** Mesurer le couple, la force, la pression ou l'énergie électrique nécessaire pour modifier le réglage de la commande du minimum au maximum de la gamme de débits et retour, et cela sur toute la gamme convenue de pressions, l'appareil fonctionnant. Enregistrer ces valeurs dans le procès-verbal d'essai.

**10.3.3** Pour éviter les incohérences dues à un possible engorgement, effectuer chaque série de mesurages dans les 60 s qui suivent le réglage de position de la commande.

### 10.4 Essais en régime transitoire pour appareils avec compensation de pression

**10.4.1** Mesurer le débit régulé sur la gamme convenue de réglages de l'organe mobile et des pressions différentielles en faisant varier la pression d'entrée pour les modèles à régulation

sur retour, à système de purge ou à 3 voies avec système de purge et en faisant varier la pression de sortie pour les modèles à régulation sur alimentation.

**10.4.2** Vérifier que le temps de fonctionnement du distributeur **9** (voir figures 10 à 12) ne dépasse pas 10 % du temps de réponse mesuré, avec un maximum de 10 ms.

**10.4.3** Vérifier que le gradient de pression dû à la compressibilité du fluide, calculé d'après l'expression  $\frac{dp}{dt} = \frac{q_V \cdot K_s}{V}$  correspond à au moins 10 fois le gradient mesuré,  $V$  étant le volume du fluide contenu entre la soupape **5** et les soupapes **8a** et **8b**.

**10.4.4** La procédure décrite de 10.4.4.1 à 10.4.4.3 doit être suivie :

**10.4.4.1** Établir un débit constant  $q_V$  par réglage de la soupape **5** et une chute de pression  $\Delta p_2$  par réglage de la soupape **8a**, le distributeur **9** étant fermé.

**10.4.4.2** Établir une chute de pression  $\Delta p_1$  par réglage de la soupape **8b**, le distributeur **9** étant ouvert.

**10.4.4.3** Provoquer un palier de charge de l'une des deux méthodes suivantes :

a) **Méthode 1 — Méthode différentielle** (utilisant un capteur de débit à réponse à haute fréquence)

Manceuvrer le robinet à 2 voies **9** et contrôler le débit transitoire  $q_{Vt}$ .

NOTE — Vérifier la pertinence de la réponse du capteur par enregistrement simultané de la pression transitoire  $p_t$  et en vérifiant que les variations de pression et de débit sont en phase.

b) **Méthode 2 — Variante** (utilisant un capteur de pression)

Manceuvrer le robinet à 2 voies **9** en contrôlant la chute de pression  $\Delta p$  et calculer les caractéristiques transitoires correspondantes en fonction du débit initial et du débit transitoire calculés d'après les formules suivantes :

- Débit initial  $q_{V1} = k \sqrt{\Delta p_1}$
- Débit transitoire  $q_{Vt} = k \sqrt{\Delta p}$

où

$k$  est le coefficient de soupape de charge déterminé par l'équation

$$k = \frac{q_V}{\sqrt{\Delta p_2}}$$

où  $\Delta p_2$  est la chute de pression en fin d'essai;

$\Delta p$  est la pression différentielle à travers les soupapes de charge mesurée par les indicateurs de pression **4a** et **4b** (voir figures 10 à 12);

$\Delta p_1$  est la chute de pression en début d'essai.

NOTE — Le temps de réponse et la durée de rétablissement de l'appareil sont définis à la figure 19.

## 11 Essai des diviseurs de débit

### 11.1 Circuit d'essai

**11.1.1** Un circuit d'essai conforme à celui représenté à la figure 13 doit être utilisé.

**11.1.2** L'amplitude des variations de pression mesurées dans le circuit d'alimentation ne doit pas dépasser  $\pm 0,5$  MPa (5 bar).

### 11.2 Caractéristiques de débit/pression en régime établi

**11.2.1** Mesurer la pression d'entrée et chaque débit de sortie sur une gamme convenue de débits d'entrée et à la gamme de pressions de sortie convenue, en fonction des conditions du tableau 3 pour chaque réglage de l'élément de commande du rapport, si un tel réglage existe.

Tableau 3 — Conditions de pression de sortie

Séquence	Conditions de pression de sortie aux orifices	
	B1	B2
1	$p_{min}$	$p_{min} \rightarrow p_{max} \rightarrow p_{min}$
2	$p_{min} \rightarrow p_{max} \rightarrow p_{min}$	$p_{min}$
3	$p_{max}$	$p_{min} \rightarrow p_{max} \rightarrow p_{min}$
4	$p_{min} \rightarrow p_{max} \rightarrow p_{min}$	$p_{max}$
5	$p_{min} \rightarrow p_{max} \rightarrow p_{min}$	$p_{min} \rightarrow p_{max} \rightarrow p_{min}$

**11.2.2** Dans la séquence 5, les pressions à l'orifice B1 et à l'orifice B2 doivent être égales.

### 11.3 Caractéristiques en régime transitoire

**11.3.1** Mesurer le débit de chaque orifice de sortie sur une gamme convenue de débits d'entrée pour chaque palier convenu de pressions de sortie et dans les conditions d'essai prévues dans le tableau 3 pour chaque réglage de l'élément de commande du rapport, si un tel réglage existe.

**11.3.2** Mesurer les débits en régime établi  $q_{VB1}$  et  $q_{VB2}$ , la soupape **7a** étant réglée au maximum de la pression de charge  $p_1$  et le robinet **6a** étant fermé.

**11.3.3** Enregistrer la pression  $p_2$  indiquée par **4d**.

**11.3.4** Établir la pression de charge minimale  $p_3$  par réglage de la soupape **7b**, robinet **6a** ouvert, et enregistrer la pression  $p_4$  indiquée par **4d**.

**11.3.5** Répéter ces opérations sur le système de charge de l'orifice B2 pour déterminer respectivement les pressions  $p_5$ ,  $p_6$ ,  $p_7$  et  $p_8$ .