

---

---

**Industries du pétrole et du gaz naturel —  
Fluides de complétion et matériaux —  
Partie 1:  
Mesurage des propriétés visqueuses des  
fluides de complétion**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Petroleum and natural gas industries — Completion fluids and  
materials —  
(standards.iteh.ai)  
Part 1. Measurement of viscous properties of completion fluids*

ISO 13503-1:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3e6f193-d745-42d3-9de6-584c0fed0f05/iso-13503-1-2011>



## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 13503-1:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3e6f193-d745-42d3-9de6-584c0fed0f05/iso-13503-1-2011>



### DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2011

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Version française parue en 2012

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Termes et définitions</b> .....	1
3 <b>Mesurage et précision</b> .....	2
4 <b>Préparation du fluide</b> .....	2
5 <b>Préparation du fluide avec simulation d'un historique de cisaillement (option)</b> .....	3
5.1 <b>Généralités</b> .....	3
5.2 <b>Exigences pour une simulation d'historique de cisaillement appropriée</b> .....	4
5.3 <b>Conditions d'alimentation en échantillon</b> .....	5
5.4 <b>Conditions pour une simulation d'historique de cisaillement normalisée</b> .....	5
5.5 <b>Considérations d'ordre opérationnel</b> .....	5
6 <b>Étalonnage des instruments</b> .....	5
7 <b>Modes opératoires de mesurage</b> .....	5
7.1 <b>Généralités</b> .....	5
7.2 <b>Fluides non réticulés (voir 2.6)</b> .....	6
7.3 <b>Fluides polymères réticulés et fluides tensioactifs</b> .....	11
8 <b>Procédures de calcul</b> .....	13
8.1 <b>Concepts généraux</b> .....	13
8.2 <b>Rhéologie indépendante de la géométrie par opposition à la rhéologie nominale, brève revue</b> .....	14
8.3 <b>Limitations/problèmes susceptibles de produire des résultats erronés</b> .....	15
8.4 <b>Méthode de calcul pour les rhéomètres à cylindres coaxiaux</b> .....	15
8.5 <b>Calculs pour la simulation d'un historique de cisaillement optionnel</b> .....	18
9 <b>Rapport d'essai</b> .....	19
Bibliographie.....	22

## 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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 13503-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 67, *Matériel, équipement et structures en mer pour les industries pétrolière, pétrochimique et du gaz naturel*, sous-comité SC 3, *Fluides de forage et de complétion, et ciments à puits*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 13503-1:2003), qui a fait l'objet d'une révision technique. Elle inclut également le Rectificatif technique ISO 13503-1:2003/Cor.1:2005.

L'ISO 13503 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Industries du pétrole et du gaz naturel — Fluides et matériaux de complétion*:

- *Partie 1: Mesurage des propriétés visqueuses des fluides de complétion*
- *Partie 2: Mesurage des propriétés des matériaux de soutènement utilisés dans les opérations de fracturation hydraulique et de remplissage de gravier*
- *Partie 3: Essais de saumures denses*
- *Partie 4: Mode opératoire pour le mesurage de la perte de fluide par filtration en conditions statiques des fluides de stimulation et de gravillonnage*
- *Partie 5: Modes opératoires pour mesurer la conductivité à long terme des agents de soutènement*
- *Partie 6: Mode opératoire pour le mesurage en conditions dynamiques de la perte de fluide par filtration des fluides de complétion*

## Introduction

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 13503, les fluides de complétion sont définis comme des fluides de traitement viscosifiés utilisés lors des opérations de complétion ou de reprise d'un puits producteur de pétrole ou de gaz naturel. La présente partie de l'ISO 13503 a pour objet de fournir une méthode normalisée de mesurage des propriétés visqueuses des fluides de complétion monophasiques non chargés en particules. Il s'agit de saumures viscosifiées, de fluides de transport pour gravillonnage et de fluides de fracturation. Ces fluides peuvent être réticulés ou non (aqueux, à base d'hydrocarbure ou d'acide).

En option, un mode opératoire de simulation d'un historique de cisaillement est fourni pour les fluides susceptibles de présenter une sensibilité au cisaillement. Ce mode opératoire est destiné à simuler les effets de cisaillements exercés sur un fluide dans les installations de surface et durant la période de déplacement vers le fond du puits. La simulation de l'historique de cisaillement est principalement utilisée au cours de la mise au point de nouveaux fluides de fracturation afin de caractériser leur sensibilité au cisaillement.

Ces modes opératoires normalisés ont été établis sur la base de plusieurs années d'essais comparatifs, de débats, de discussions et de recherche continue réalisés par l'industrie.

Cette procédure normalisée est largement basée sur l'API 13M, première édition, Juillet 2004.

Dans la présente partie de l'ISO 13503, pour plus de commodités les unités américaines couramment utilisées (USC) sont données entre parenthèses, pour information.

ITHE STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 13503-1:2011  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3e6f193-d745-42d3-9de6-584c0fed0f05/iso-13503-1-2011>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 13503-1:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3e6f193-d745-42d3-9de6-584c0fed0f05/iso-13503-1-2011>

# Industries du pétrole et du gaz naturel — Fluides de complétion et matériaux —

## Partie 1:

# Mesurage des propriétés visqueuses des fluides de complétion

## 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 13503 fournit une méthodologie cohérente de détermination de la viscosité des fluides de complétion utilisés dans les industries du pétrole et du gaz naturel. Dans certains cas, des méthodes sont également fournies pour déterminer les propriétés rhéologiques d'un fluide.

## 2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 2.1

**bob** (nom communément donné au stator)

cylindre intérieur d'un rhéomètre à cylindres coaxiaux

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3e6f193-d745-42d3-9de6-584c0fed0f05/iso-13503-1-2011>

### 2.2

**fluide de complétion**

fluide de traitement viscosifié utilisé durant la complétion ou les opérations de reprise d'un puits producteur de pétrole ou de gaz naturel

### 2.3

**rhéomètre à cylindres coaxiaux**

rhéomètre rotatif comprenant un stator (bob) cylindrique et un rotor cylindrique concentriques

### 2.4

**élasticité**

aptitude d'un matériau à reprendre sa forme et son état d'origine lorsqu'une force de déformation n'est plus appliquée

### 2.5

**écoulement laminaire**

mode d'écoulement des fluides dans lesquels toutes les couches de flux s'écoulent parallèlement les unes par rapport aux autres et sans transfert de matière entre elles

### 2.6

**fluide non réticulé**

solution visqueuse de polymère linéaire ou tout fluide qui ne présente pas une élasticité significative conduisant à l'effet de Weissenberg ("remontée sur le bob")

### 2.7

**rhéologie**

science de la déformation et de l'écoulement de matière

**2.8**

**rotor**

chemise cylindrique extérieure tournante d'un rhéomètre à cylindres coaxiaux

**2.9**

**historique de cisaillement**

séquence de variations de taux de cisaillement et de températures appliquées aux fluides avant et pendant les mesurages

**2.10**

**simulateur d'historique de cisaillement**

appareillage utilisé pour simuler un historique de cisaillement sur un fluide

**2.11**

**taux de cisaillement**

vitesse de glissement d'une particule fluide par rapport à une autre particule divisée par la distance entre ces particules

**2.12**

**contrainte de cisaillement**

force requise pour maintenir l'écoulement d'un fluide

**2.13**

**fluide viscoélastique**

solution de polymères réticulés ou autre fluide qui présente une élasticité significative conduisant à l'effet de Weissenberg ("remontée sur le bob")

**2.14**

**viscosité**

mesure de la friction interne d'un fluide lorsqu'il est mis en mouvement sous l'action d'une force externe

[ISO 13503-1:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3e6f193-d745-42d3-9de6-584c0fed0f05/iso-13503-1-2011)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3e6f193-d745-42d3-9de6-584c0fed0f05/iso-13503-1-2011>

**3 Mesurage et précision**

Les températures doivent être mesurées avec une précision de  $\pm 1$  °C ( $\pm 2$  °F); le pH doit être mesuré avec une précision de  $\pm 0,1$ . Tous les autres mesurages quantitatifs doivent être réalisés avec une précision de  $\pm 2$  %, sauf spécification contraire.

**4 Préparation du fluide**

La viscosité ou les propriétés rhéologiques d'un fluide peuvent être influencées par certains aspects de la préparation et de la manipulation de l'échantillon. Tout au long des modes opératoires, des mesures doivent être prises pour limiter au minimum l'entraînement d'air dans le fluide.

Le mode opératoire utilisé pour préparer l'échantillon de fluide doit être documenté et inclure les informations suivantes:

- a) description et/ou composition du fluide de base; la préparation du fluide doit être décrite, en commençant par l'origine du fluide, tel que eau déminéralisée, eau du robinet, saumures de complétion, eau de production, eau de mer ou type d'huile;
- b) identification de l'appareillage de mélange, volume du mélangeur et volume total du fluide préparé;
- c) identification de chaque composant du fluide et quantité ajoutée;
- d) ordre et méthode d'addition de chaque composant;
- e) vitesses de mélange, avec la durée de mélange à chaque vitesse;



- f) temps de vieillissement ou de repos préalablement aux mesurages, si nécessaire;
- g) température;
- h) pH (pour les fluides aqueux);
- i) tous les autres aspects de la préparation du fluide réputés avoir une incidence sur le résultat du mesurage de la viscosité, tel que la filtration des fluides de complétion.

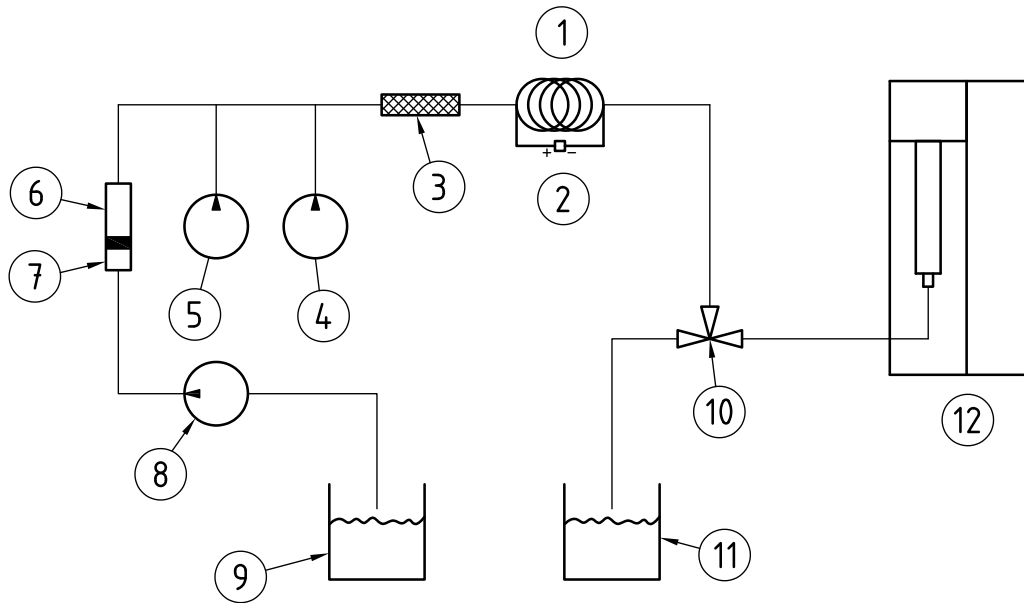
## 5 Préparation du fluide avec simulation d'un historique de cisaillement (option)

### 5.1 Généralités

Une procédure de simulation d'un historique de cisaillement est donnée pour simuler les effets d'un taux de cisaillement et du temps lorsqu'un fluide est acheminé dans les tubulaires d'un puits. Cette procédure est destinée à caractériser l'effet d'un historique de cisaillement sur les propriétés du fluide dans le cadre de la phase de conception et de développement d'un nouveau fluide.

Un appareillage d'historique de cisaillement est utilisé pour conditionner le fluide à des taux de cisaillement, des durées et des températures spécifiés préalablement à l'injection dans un rhéomètre. Il comprend un appareil de mélange, un système de pompage et un tube destinés à simuler des aspects significatifs des équipements de surface, suivis des conditions de cisaillement dans les tubulaires du puits. Un appareillage d'historique de cisaillement satisfaisant aux exigences peut génériquement être classé comme un tube ou un conduit qui est opéré dans le régime d'écoulement laminaire. L'écoulement doit être effectué en un passage unique.

La Figure 1 illustre schématiquement un simulateur d'historique de cisaillement raccordé à un rhéomètre à cylindres coaxiaux pressurisé. En écoulement laminaire, la vitesse de dissipation de l'énergie est identique dans tout appareillage d'historique de cisaillement, même si différentes dimensions de tube sont utilisées. Ainsi, les critères de pré-conditionnement désirés peuvent être satisfaits avec des appareillages de conception et de fonctionnement différents.



**Légende**

- 1 tube enroulé dimensionné pour fournir le taux de cisaillement et la durée
- 2 dispositif de mesure de pression différentielle (optionnel)
- 3 mélangeur statique
- 4 injection haute pression pour le dernier additif, par exemple le réticulant ou l'activateur
- 5 injection haute pression pour un additif secondaire, si nécessaire
- 6 fluide de base (par exemple non réticulé) dans un accumulateur à piston flottant
- 7 huile hydraulique de la pompe utilisée pour déplacer le fluide de base
- 8 pompe volumétrique
- 9 réservoir d'huile hydraulique
- 10 vanne de distribution
- 11 récipient de récupération du fluide
- 12 rhéomètre à cylindres coaxiaux pressurisé

NOTE Basé sur le rhéomètre Chandler Modèle 5550<sup>1)</sup>.

**Figure 1 — Schéma de simulation d'historique de cisaillement**

**5.2 Exigences pour une simulation d'historique de cisaillement appropriée**

Les procédures suivantes doivent être appliquées:

- a) enregistrer et consigner la température d'essai;
- b) assurer un mélange soigneux de tous les additifs d'activation du fluide immédiatement avant que le fluide ne pénètre dans le tube d'historique de cisaillement.

<sup>1)</sup> Le Chandler Modèle 5550 est un exemple de produit adéquat disponible dans le commerce. Cette information n'est donnée aux utilisateurs de ce document qu'à titre indicatif et ne signifie en aucune manière que l'ISO approuve ou recommande ce produit.

### 5.3 Conditions d'alimentation en échantillon

Les conditions suivantes doivent être remplies:

- a) une alimentation continue en fluide de base pendant l'ajout des additifs et le remplissage de la cuve d'échantillonnage;
- b) un taux de cisaillement constant dans le tube d'historique de cisaillement;
- c) durant l'injection du fluide dans le rhéomètre, le taux de cisaillement dans l'entrefer du rhéomètre est la valeur nominale de  $100 \text{ s}^{-1}$ .

### 5.4 Conditions pour une simulation d'historique de cisaillement normalisée

Les conditions suivantes doivent être remplies:

- a) pour des températures de fluide inférieures ou égales à  $93 \text{ °C}$  ( $200 \text{ °F}$ ), taux de cisaillement de  $675 \text{ s}^{-1}$  pendant 2,5 min;
- b) pour des températures de fluide supérieures à  $93 \text{ °C}$  ( $200 \text{ °F}$ ), taux de cisaillement de  $1\,350 \text{ s}^{-1}$  pendant 5 min.

### 5.5 Considérations d'ordre opérationnel

Les conditions suivantes doivent être remplies:

- a) la pulsation produite par certaines pompes volumétriques doit être réduite au minimum;
- b) le fluide de base doit être préparé, caractérisé et consigné tel que décrit dans l'Article 5;
- c) il est essentiel d'injecter un échantillon représentatif du fluide d'essai dans le rhéomètre; par conséquent, il faut, au préalable détourner le fluide sortant du simulateur d'historique de cisaillement du rhéomètre jusqu'à obtention d'un débit et d'une composition stables;
- d) les raccords, vannes et accessoires similaires doivent avoir un diamètre intérieur tel que le taux de cisaillement du fluide y circulant soit similaire à celui de l'intérieur du tube;
- e) là où le tube est enroulé, le diamètre d'enroulement doit être supérieur à une valeur critique (voir 8.5.2).

## 6 Étalonnage des instruments

Les instruments associés à ces modes opératoires doivent être étalonnés conformément à la méthode recommandée par chaque fabricant.

## 7 Modes opératoires de mesurage

### 7.1 Généralités

Les modes opératoires présentés en 7.2 et 7.3 sont établis selon le type de fluide faisant l'objet du mesurage. Dans la mesure où les données sont consignées telles qu'étant obtenues en utilisant un mode opératoire particulier, ce mode opératoire donné doit être suivi scrupuleusement. Le fluide ne doit pas réagir avec les surfaces de l'instrument au risque de produire des contaminations, de modifier des dimensions critiques de mesure ou d'altérer le fonctionnement mécanique.

## 7.2 Fluides non réticulés (voir 2.6)

### 7.2.1 Généralités

Pour réaliser une caractérisation rhéologique appropriée de ce type de fluide, le fluide doit mouiller les parois de la cellule de mesure et rester confiné dans l'entrefer.

### 7.2.2 Appareillage

Pour réaliser une caractérisation appropriée de la viscosité et des propriétés rhéologiques, l'appareillage utilisé doit satisfaire aux critères suivants:

- a) le régime d'écoulement dans l'entrefer est laminaire;
- b) le glissement du fluide aux parois de l'entrefer est négligeable;
- c) le fluide présente un comportement essentiellement indépendant du temps durant tout mesurage donné.

**7.2.2.1 Rhéomètre à cylindres coaxiaux non-pressurisé<sup>2)</sup>**, pour mesurer la viscosité et les propriétés rhéologiques à pression ambiante et à des températures inférieures au point d'ébullition du fluide.

Pour le calcul des paramètres rhéologiques, il est nécessaire d'effectuer des mesurages en plusieurs points.

Il est admis d'utiliser tout rhéomètre à cylindres coaxiaux non-pressurisé décrit avec les dimensions suivantes (voir Figure 2).

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)

- a) Rotor, R1:
  - 1) diamètre intérieur égal à 36,83 mm (1,450 in);
  - 2) il convient que le rotor soit concentrique avec le bob et qu'il recouvre toute la longueur du bob;
  - 3) les surfaces doivent être lisses.
- b) Bob, B1:
  - 1) diamètre égal à 34,49 mm (1,358 in);
  - 2) longueur du cylindre égale à 38 mm (1,496 in);
  - 3) corps cylindrique à fond fermé plat, et une partie supérieure conique tronquée de 60° d'angle;
  - 4) les surfaces doivent être lisses.
- c) Ressort de torsion:
  - 1) L'équipement est généralement fourni avec un ressort #1; cependant, pour des fluides peu visqueux, un ressort #0.2 peut être approprié.

---

<sup>2)</sup> Des exemples de rhéomètres à cylindres coaxiaux non-pressurisés sont le Fann Modèle 35 muni du rotor 1, bob 1 (R1B1) et du ressort approprié; le Chandler Modèle 3500 muni du rotor 1, bob 1 (R1B1) et du ressort approprié; l'OFI Modèle 800 muni du rotor 1, bob 1 (R1B1) et du ressort approprié; ou les rhéomètres ayant une géométrie équivalente. Cette information n'est donnée aux utilisateurs de ce document qu'à titre indicatif et ne signifie en aucune manière que l'ISO approuve ou recommande ces produits.