

# ISOLANT EN POLYURÉTHANE PROJETÉ IN SITU

## Document technique 23-01

Modalités d'essais

Document technique 23-01 Rev01  
11/12/2023

Etablissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce cinq activités clés : recherche et expertise, évaluation, certification, essais et diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition écologique et énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent document technique, faite sans l'autorisation du CSTB, est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (article L. 122-5 du Code de la propriété intellectuelle). Le présent document a été rédigé sur l'initiative et sous la direction du CSTB qui a recueilli le point de vue de l'ensemble des parties intéressées.

© CSTB

## HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

<b>N° de révision</b>	<b>Date application</b>	<b>Modifications</b>
00	15/10/2019	Création du document
01	11/12/2023	Correction de terminologie

## Table des matières

PARTIE 1.....	5
1 METHODES D'ESSAIS.....	5
1.1 Fluage en compression .....	5
1.1.1 Comportement non linéaire avec dernière phase ascendante .....	5
1.1.1.1. Détermination du point d'inflexion.....	6
1.1.1.2. Extrapolation à 10 ans.....	7
1.1.1.3. Exemple.....	7
1.1.2 Comportement quasi-linéaire.....	8
1.1.3 Comportement non linéaire avec dernière phase descendante .....	9

## PARTIE 1.

### 1 METHODES D'ESSAIS

#### 1.1 Fluage en compression

La méthode d'essai de fluage en compression telle que décrite dans le Référentiel de certification s'applique pour tout produit entrant dans le champ d'application de ce Référentiel.

La méthode d'extrapolation, telle que définie dans l'annexe A de la norme NF EN 1606 ne s'applique pas. La méthode décrite dans le présent document s'applique.

Enfin, sur la base de ces résultats, la classification sol selon la norme NF DTU 52.10 peut être obtenue conformément au §3.6.5 du Référentiel.

La présente méthode ne modifie pas les conditions ni la durée des essais qui doivent être réalisés conformément à la norme NF EN 1606 et au DTU 52.10.

La méthode consiste dans le cas générique à extrapoler le comportement de la dernière phase de fluage de l'essai pour obtenir une valeur de fluage à 10 ans. Notons que les points antérieurs à 120h ne sont pas représentés.

3 types de comportements sont distingués. La méthode de calcul à appliquer varie en fonction de ces cas.

##### 1.1.1 Comportement non linéaire avec dernière phase ascendante

Le fluage fait apparaître deux phases majoritaires :

- Une augmentation rapide des déformations jusqu'au point d'inflexion
- Une augmentation plus lente de la déformation après le point d'inflexion. Cette augmentation indique le passage d'un fluage primaire à un fluage secondaire. La courbe ci-dessous illustre ce phénomène :

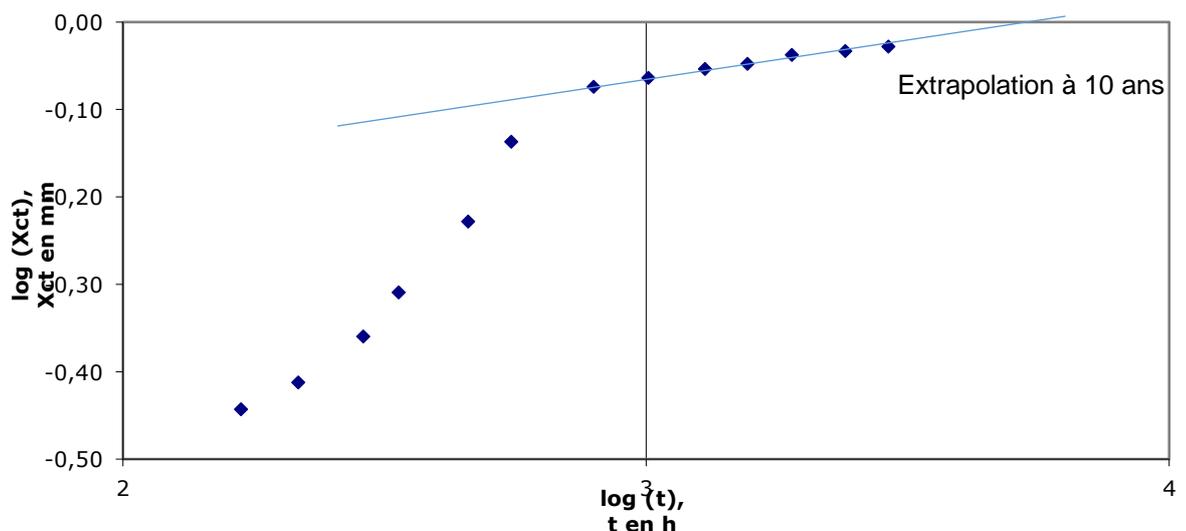


Figure 1 : Fluage d'un PUP en fonction du temps avec un comportement non linéaire avec dernière phase ascendante

La méthode proposée a pour but de sélectionner les points de la phase secondaire afin d'effectuer une régression linéaire qui soit plus fidèle au comportement à long terme, et ceci pour la prédiction du fluage à 10 ans. La première étape consiste ainsi à déterminer le point d'inflexion.

### 1.1.1.1. Détermination du point d'inflexion

Le point d'inflexion se détermine en partant du dernier point de l'essai, et en testant un critère de pente pour les points précédents :

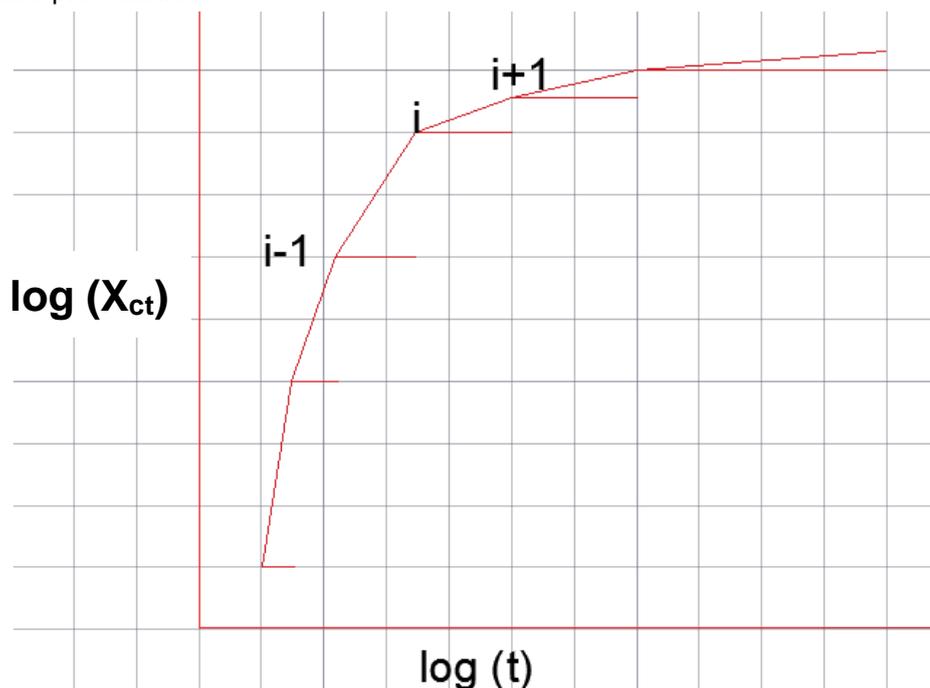


Figure 2 : Détermination du point d'inflexion

Notons  $d(i)$  la dérivée entre le point  $i$  et  $i+1$  soit la tangente de l'angle avec l'horizontal.

$$d(i) = \frac{\log(X_{ct}(i+1)) - \log(X_{ct}(i))}{\log(t(i+1)) - \log(t(i))}$$

Le point  $i$  fait partie du fluage secondaire si  $d(i)$  est approximativement égale à la moyenne des  $d(i)$  suivants. Pour cela, un critère d'écart maximal autorisé entre la pente au point  $i$  et la moyenne de la pente des points suivants est proposé :

$$abs(d(i) - moyenne(d(i+1); d(i+2); \dots; d(final))) < crit$$

Le critère est conventionnellement fixé à partir des essais réalisés à ce jour sur les produits de type PUP :

**Crit = 0,2**

Le premier point sortant de ce critère, en partant du dernier point de l'essai, correspond au point d'inflexion.

### 1.1.1.2. Extrapolation à 10 ans

L'ensemble des points situés entre le point d'inflexion et le dernier point de mesure est utilisé pour réaliser une régression linéaire ordinaire. Cette régression (courbe grise dans l'exemple ci-dessous) permet de déterminer la valeur de l'accroissement de la déformation de l'éprouvette à t=10ans  $X_{ct(10 \text{ ans})}$ . A cette valeur sera rajoutée  $X_0$ , la déformation initiale obtenue au début de l'essai, pour obtenir le fluage total à 10 ans  $X_{t(10 \text{ ans})}$  :

$$X_{t(10 \text{ ans})} = X_{ct(10 \text{ ans})} + X_0$$

### 1.1.1.3. Exemple

Ci-dessous le résultat d'un exemple d'utilisation de la méthode :

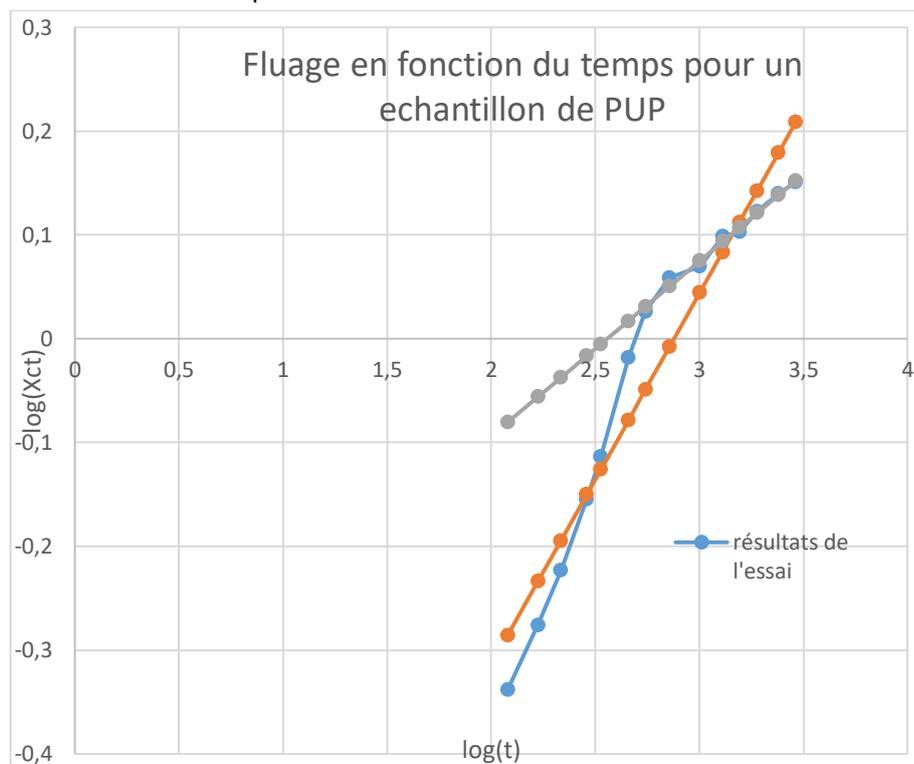


Figure 3 : Exemple de fluage du PUP en fonction du temps et utilisation de la méthode

### 1.1.2 Comportement quasi-linéaire

Les produits ont un comportement quasi linéaire sur la durée de l'essai (4 mois), comme montré sur le graphique suivant :

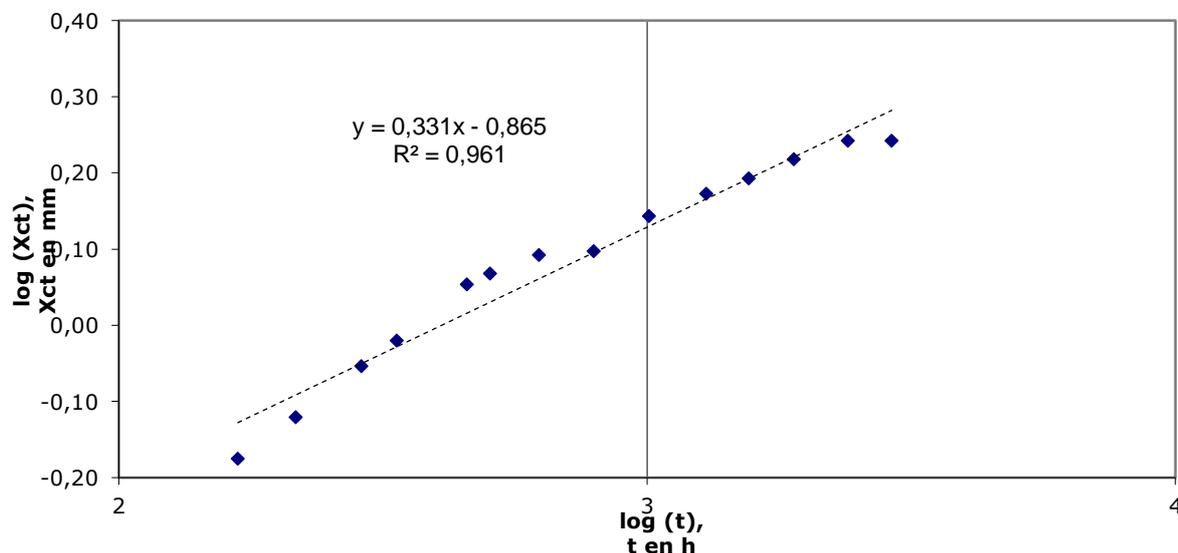


Figure 4 : Fluage d'un PUP en fonction du temps avec un comportement quasi-linéaire

Dans ce cas, la loi de Findley telle que définie dans l'annexe A de la norme NF EN 1606 permet de décrire le fluage du matériau.

Notons que dans le cas de l'application de la méthode précédente (cf 1.1.1), le résultat à 10 ans serait similaire car étant donné l'absence du point d'inflexion, la régression linéaire concernerait tous les points de l'essai, ce qui permettrait d'obtenir la même droite d'extrapolation que celle qui aurait été obtenue avec la loi de Findley.

### 1.1.3 Comportement non linéaire avec dernière phase descendante

Le fluage fait apparaître deux phases majoritaires :

- Une augmentation rapide des déformations jusqu'au point d'inflexion
- Une diminution de la déformation après le point d'inflexion. Cette diminution correspond à un gonflement du PUP malgré la présence d'une charge de fluage. La courbe ci-dessous illustre ce phénomène :

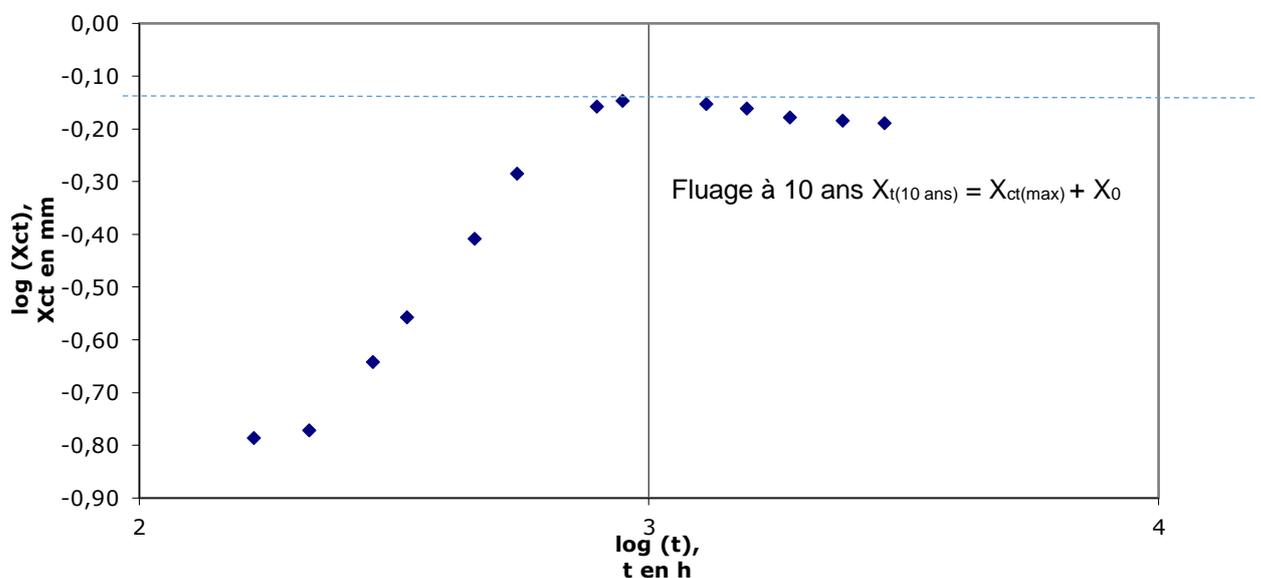


Figure 5 : Fluage d'un PUP en fonction du temps avec un comportement non linéaire avec dernière phase descendante

La corrélation de Findley n'est donc plus applicable pour la détermination du fluage à long terme.

$X_{ct(max)}$  représente alors le maximum obtenu entre les deux approches suivantes :

- Valeur de  $X_{ct}$  extrapolée par régression linéaire sur la dernière phase de fluage (régression sur les points qui suivent le point d'inflexion),
- Maximum de  $X_{ct}$  obtenu pendant l'essai sur 4 mois.

A cette valeur sera rajoutée  $X_0$ , la déformation initiale obtenue au début de l'essai, pour obtenir le fluage total à 10 ans  $X_{t(10 \text{ ans})}$  :

$$X_{t(10 \text{ ans})} = X_{ct(max)} + X_0$$