

Note de position^(*)

25 Juin 2019

100 ans de durée de vie pour les systèmes de canalisations en polyéthylène sous pression, pour l'alimentation en eau et en gaz naturel, enfouis dans le sol

1. Introduction

L'association TEPPFA et PE100+ ont identifié le besoin d'expliquer la différence entre le critère de conception de 20°C/50 ans et la durée de vie prévue des systèmes de canalisations sous pression en PE80 et PE100. Les recherches, les études d'extrapolation et les rapports sur les canalisations en service montrent un vieillissement minimal. Les tests d'extrapolation effectués sur ces échantillons d'essai confirment une durée de vie prévue supérieure à 100 ans.

2. Conception vs. durée de vie

La durée de vie nominale, prévue à la conception, ne doit pas être confondue avec la durée de vie réelle d'un système de tubes sous pression en PE. Dans la réalité, la durée de vie est estimée à plus de 100 ans pour un certain nombre de raisons :

- ✓ Niveau de pression réel inférieur à la pression nominale sur toute la durée de vie
- ✓ Des températures réelles plus basses dans le sol
- ✓ Les tolérances pour les épaisseurs de paroi sont toujours comprises entre zéro et une marge de tolérance "plus".
- ✓ Au stade de la conception, un facteur de sécurité est appliqué

3. Base de conception des systèmes de canalisations sous pression en PE

La base de conception de 50 ans et de durée de vie minimale d'un système de canalisations en PE d'eau ou de gaz sous pression est garantie par les normes ISO 9080ⁱ et ISO12162ⁱⁱ. La norme ISO 9080 fournit une méthode d'extrapolation pour estimer la limite de prédiction inférieure à 97,5% de la contrainte (σ_{LPL}) qu'un tube thermoplastique est capable de supporter pendant 50 ans à 20°C. L'extrapolation est faite à partir de données obtenues par des essais de pression hydrostatique effectués à différentes températures conformément aux normes ISO 1167-1ⁱⁱⁱ et ISO 1167-2^{iv}. La norme ISO 12162 établit un système de classification et de désignation des tubes thermoplastiques, basé sur leur résistance minimale requise (MRS) dérivée de leur σ_{LPL} . Un tube PE de 8 MPa $\leq \sigma_{LPL} < 10,0$ MPa a une MRS de 8 MPa et est

désigné comme PE 80. Un tube PE de 10 MPa $\leq \sigma_{LPL} < 11,2$ MPa a une MRS de 10 MPa et est désigné comme PE 100. La norme ISO 12162 spécifie également la méthode de calcul de la contrainte nominale σ_S à partir de la MRS et d'un coefficient de conception C ($\sigma_S = MRS/C$).

Sauf indication contraire spécifiée dans une norme de produit spécifique, un coefficient de conception minimal est utilisé ($C_{min} = 1,25$ pour l'eau et $C_{min} = 2$ pour le gaz, que ce soit pour le PE80 ou PE100).

La série de normes de produits ISO 4427^v ainsi que la norme EN 12201^{vi} précisent les exigences spécifiques pour un système moderne de canalisation PE80 et PE100 à paroi solide et ses composants destinés à l'alimentation en eau sous pression. Dans la dernière édition de la série de normes, le champ d'application de l'ISO 4427 pour l'eau destinée à la consommation humaine a été étendu à l'eau non traitée (avant traitement), au drainage et à l'assainissement sous pression, aux systèmes sous vide d'égoûts et d'eau destinés à d'autres usages.

La série de normes de produit de l'ISO 4437^{vii} ainsi que la EN 1555^{viii} précisent les exigences spécifiques pour un système moderne de canalisation PE 80 et PE100 à paroi pleine et ses composants destinés à la fourniture de gaz naturel sous pression, principalement utilisé pour les systèmes de distribution et de raccordement des maisons jusqu'à 10 bar pour le PE100.

Il est reconnu dans les normes (référence 5, 6, 7 et 8) que "les recherches sur la prévision des performances à long terme des systèmes de distribution d'eau et de gaz en PE démontrent une durée de vie possible d'au moins 100 ans".

Les améliorations du matériau ont d'abord porté sur l'augmentation de la résistance à la pression (PE 63 à PE 80 et à PE 100). Depuis, des progrès considérables ont été réalisés ces dernières années en augmentant la résistance à la propagation lente de la fissure (SCG ou « Slow Crack Growth »). Ce matériau, destiné à la fabrication de canalisation, et désigné PE100-RC (RC : « Raised Crack » résistance accrue à la fissuration) nécessite un nombre d'essais très spécifique pour évaluer la performance de la propagation lente de la fissure (SCG). Toutes les autres exigences du PE100-RC en matière de matériaux et de produits sont identiques à celles du PE 100 bien connu et reconnu. Les systèmes de canalisation fabriqués avec un matériau PE100-RC peuvent être utilisés pour des méthodes d'installation alternative, par exemple lorsque la surface risque d'être endommagée ou pour des installations où la terre excavée est utilisée comme matériau d'assise (extrait de la norme prEN 1555-1 Annexe A)^{ix}. Les 4 séries de normes produit mentionnées ci-dessus incluront le PE100-RC dans leur prochaine révision dans les années à venir, à commencer par la Série EN 1555.

4. Publications et études de fouille prouvant une durée de vie de plus de 100 ans pour les systèmes de canalisations sous pression en PE

Le développement des matériaux en polyéthylène a commencé vers 1953 avec les premières générations de PE40, PE50 et PE63. Ces matériaux ont dépassé une durée de vie de 50 à 70 ans et sont partiellement encore en service. Aujourd'hui, les marchés utilisent les matériaux PE80 principalement en raison de leur flexibilité et de leur facilité d'installation, en particulier dans les petites dimensions, mais la majorité d'entre eux sont passés à des systèmes homologués PE100 au cours des 30 dernières années. Les tubes pour l'eau peuvent être

extrudés dans des dimensions allant de 16 mm à 3500 mm. Les systèmes de tubes pour le gaz en PE sont utilisés depuis environ 60 ans avec un taux de défaillance très faible, même dans des conditions de mouvement du sol. Les dimensions des tubes gaz vont de 16 mm à 800 mm.

De nombreux rapports ont été publiés ou présentés lors de conférences sur les performances mécaniques des tubes en PE sous pression excavés après plusieurs décennies d'exploitation dans différentes conditions, de lieux et de pressions de service continu. De nombreux systèmes de canalisations en PE ont déjà dépassé la fin de la durée de vie nominale spécifiée de 50 ans, sans qu'aucune donnée statistique enregistrée par les services publics ne montre de défaillance. Des exemples sont énumérés ci-dessous :

Lors de la conférence Plastic Pipes XIII à Washington en 2006, Schulte^x a signalé que les tubes produits en 1956 et installés en octobre de la même année avaient passé avec succès les tests comme prévu après 50 ans. D'autres exemples de la longévité des tubes en PE sont donnés dans ce document, ainsi qu'une évaluation des résines pour la fabrication de tubes de dernière génération, montrant le potentiel d'extension de l'application à 100 ans.

En 1997, U. Schulte^{xi} a montré qu'avec la méthode d'extrapolation normalisée ISO/TR 9080, on peut s'attendre à une durée de vie de plus de 100 ans pour les types de PE-HD bimodaux.

En 2007, J. Hessel^{xii} a résumé les enquêtes sur les tubes usagés de PEHD de première génération et a calculé la durée de vie résiduelle déjà élevée de ces tubes. En raison de l'amélioration extrême des matériaux en matière de résistance à la fissuration sous contrainte, une durée de vie minimale de 100 ans est prouvée pour les matériaux PE100 avancés (PE100-RC). Le vieillissement thermique est pris en compte et a été testé à des températures plus élevées. Avec la loi d'"Arrhenius", un temps de défaillance dû au vieillissement thermique pour une température de service de 20°C a été calculé à plus de 460 ans.

En 2009, H. Brömstrup^{xiii} a publié la troisième édition de la brochure "PE100 Pipe Systems" et conclut aux pages 34-35 que les matériaux PE100 bimodaux peuvent être considérés comme valables pour une durée de vie de 100 ans.

L'association Japan Polyethylene Piping system & Integrated Technology Association for water Supply (Politec^{xiv}) conclut sur la base d'extrapolations et de calculs qu'il existe un concept de conception sûr à conclure sur une durée de vie pratique de 100 ans.

J.M.B. Sanders^{xv} conclut que la durée de vie d'un tube de service dépasse 100 ans sur la base de différentes méthodes appliquées, d'enquête sur le niveau d'additif restant par la méthode OIT et d'analyse du mode de défaillance dans les différentes étapes.

U.K. Water Industry (préparé et publié par le WRc^{xvi}), conclut un rapport de 100 à 140 ans de durée de vie attendue sur la base d'études de tubes PE80 MDPE à

différentes températures 20°C, 60°C et 80°C pendant 13 ans et d'extrapolation des courbes de rupture sous contrainte.

Sur les principaux marchés comme l'Europe, la Russie, l'Afrique, le Moyen-Orient et l'Amérique du Sud, les fabricants de résines fournissent des résines de PE noirs ou colorés prêts à l'emploi avec peu ou pas de variation dans la formulation au fil des années. Les performances basées sur les normes produits en polyéthylène EN et ISO sont conçues avec des marges de sécurité et les systèmes qualité en place chez les fabricants de tubes PE assurent une traçabilité des matières premières utilisées. La cohérence des résultats ci-dessus et obtenus dans toutes les régions du monde, démontrent qu'on peut s'attendre à une fiabilité de service de plus de 100 ans lorsqu'une résine prête à l'emploi est utilisée dans le processus de production de tubes de qualité et que l'installation est réalisée dans les règles de l'art.

(*) Traduction en décembre 2020 par  de la [note de position TEPPFA PE100](#) "100 years lifetime of Polyethylene pressure pipe systems buried in the ground for water and natural gas supply" du 25 juin 2019)

ⁱ ISO 9080 "Plastics piping and ducting systems-Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation"

ⁱⁱ ISO 12162:2009 "Thermoplastics materials for pipes and fittings for pressure applications-Classification, designation and design coefficient"

ⁱⁱⁱ ISO 1167-1:2006 "Thermoplastics pipes, fittings for the conveyance of fluids-Determination of the resistance to internal pressure-Part 1: General Method"

^{iv} ISO 1167-2:2006 "Thermoplastics pipes, fittings for the conveyance of fluids-Determination of the resistance to internal pressure-Part 2: Preparation of pipe test pieces"

^v ISO4427-1 to ISO4427-5 series "Plastic piping systems for water supply and for drainage and sewerage under pressure –Polyethylene (PE)"

^{vi} EN12201-1 to EN12201-5 series "Plastic piping systems for water supply and for drainage and sewerage under pressure –Polyethylene (PE)"

^{vii} ISO4437-1 to ISO4437-5 series "Plastic piping systems for the supply of gaseous fuels –Polyethylene (PE)"

^{viii} EN1555-1 to EN1555-5 series "Plastic piping systems for the supply of gaseous fuels –Polyethylene (PE)"

^{ix} prEN1555-1 to EN1555-5(2019) series "Plastic piping systems for the supply of gaseous fuels – Polyethylene (PE)"

^x Schulte, U., "A vision becomes true - 50 years of pipes made from High Density Polyethylene", Plastics Pipes XIII Conference, Washington, 2006

^{xi} Schulte, U., "100 Years' Service Life - Long-Term Strength of Pressure Pipes from Bimodal PE-HD Confirmed by ISO/TR 9080", Kunststoffe 87 (1997) Heft 2, Seiten 203-206

^{xii} Hessel, J., „100-year service-live for polyethylene pipes, Review and prospects" 3R international 46 (2007) Heft 4, Seiten 242-246

^{xiii} Heiner Brömstrup, PE100 Pipe Systems, 2009, 3rd edition, Vulkan Verlag ISBN 978-3-8027-2759-7

^{xiv} Politec authors Takashi Kuriyama, Kenji Mizukawa, Hiroyuki Kurio, Hiroaki Sakamoto, "Studies to Theorize on the minimum 100 years lifetime of the Polyethylene Piping System for water Supply"

^{xv} J.M.B Sanders, "Degradation of polyolefin pipes" and "Techniques to determine the remaining In-service life of Polymer pipes for the water industry", PhD Thesis, Imperial College London (Dec. 2010)

^{xvi} U.K. Water Industry Information & Guidance Note IGN 4-32-18 March 2003:1 Issue 1 (Page 1-17) ISSN 1353-2529 (reprint June 2006 web publication) The choice of pressure ratings for Polyethylene pipe systems for water supply and sewerage duties

À propos de TEPPFA

TEPPFA a été fondée en 1991 à Bruxelles et est l'association professionnelle pour l'industrie des tubes et raccords en plastique en Europe. Par l'intermédiaire de membres directs et d'associations nationales, nous représentons plus de 400 fabricants de systèmes de canalisations en plastique et comptons également parmi nos membres des fabricants de résine. Pour en savoir plus : www.teppfa.eu

À propos du PE100

Fondée en 1999, l'Association PE100+ est une organisation industrielle regroupant 13 fabricants de polyéthylène (PE) (statut 2019). Leur objectif est de promouvoir des composés PE80 et PE100 colorés prêts à l'emploi et de qualité constante au plus haut niveau pour la production de tubes à pression en polyéthylène et se concentre sur le soutien aux utilisateurs finaux, renforçant ainsi la confiance dans les systèmes de canalisations en PE. L'association PE100+ publie une "liste de matériaux de qualité PE100+" vérifiée par des tests réguliers effectués par des tiers sur des propriétés critiques sélectionnées des matériaux PE100. Pour en savoir plus : www.pe100plus.com