

30 novembre 2020

DOSSIER TECHNIQUE FIBRE OPTIQUE FICHE N°3

Fibres optiques G.657.A2 et G.652.D : les principaux types de fibre utilisés dans les réseaux de télécommunication en France

En France les réseaux optiques d'accès s'appuient sur un nouveau type de fibre optique dit « insensible aux pertes par courbure » et dénommée G.657.A2.

L'objet de cette fiche est de présenter les principaux avantages de cette fibre en la comparant avec la principale fibre historiquement mise en œuvre : la fibre G.652.D.

1 Présentation

Les fibres optiques à usage dans les réseaux de télécommunication et de transport de données sont normalisées à l'échelle internationale sous l'égide de plusieurs organismes.

Pour les fibres optiques unimodales, deux organismes sont à l'origine des spécifications :

- l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) – en anglais : *International Telecommunication Union (ITU)*, met à disposition des recommandations sur les systèmes et infrastructures de télécommunications. La série des recommandations ITU-T G.65x porte sur la spécification de fibres optiques en câble et les méthodes de caractérisation associées. Pour chaque recommandation, plusieurs types de fibres (sous-catégories) sont proposées. Ces documents sont disponibles gratuitement sur le site de l'organisation.
- La Commission Electrotechnique Internationale – en anglais : *International Electrotechnical Commission (IEC)*, édite un ensemble de normes afférentes aux spécifications techniques de mesures et de tests des fibres optiques.

La fibre dite SSMF – *Standard Single Mode Fibre* en anglais, possédant un profil d'indice en échelon, a été tout d'abord développée pour la transmission à 1300 nm (Bande O) en raison de la disponibilité des sources et d'une dispersion chromatique nulle dans cette bande. La fibre a été ensuite utilisée à 1550 nm en raison des pertes d'atténuation minimales dans cette fenêtre. Cette fibre a été standardisée par l'UIT¹ à partir de 1984 et est connue sous la recommandation G.652. C'est la fibre qui est aujourd'hui majoritairement utilisée dans les réseaux de télécommunication longue distance, et plus particulièrement la sous-catégorie G.652.D qui présente les meilleurs attributs.

Pour répondre aux contraintes d'installation de la fibre aussi bien à l'extérieur que dans les habitations pour le déploiement des réseaux FTTH – *Fibre-To-The-Home* en anglais, un nouveau type de fibre optique dit « insensible aux courbures » a été développé. Ces fibres sont normalisées depuis 2006 sous la recommandation G.657. L'utilisation de fibres insensibles à la courbure est essentielle pour sécuriser les futures évolutions des réseaux optiques passifs pour le FTTH, avec notamment l'emploi à terme des fenêtres de transmission à 1625/1650 nm où la sensibilité aux pertes induite par courbure est extrême. Depuis 2016, la portée a été modifiée pour inclure l'utilisation des fibres optiques de sous-catégories G.657.A1 et G.657.A2 à l'ensemble des applications où les fibres G.652.D sont déjà utilisées comme par exemple les réseaux de transport.

¹ Union Internationale des Télécommunications

2 G.657.A2 vs. G.652.D

L'utilisation de la fibre optique dans les réseaux d'accès impose des exigences supplémentaires à la fibre et au câble. En raison de la très forte densité de fibres, de la présence de nombreux points de raccordement et d'un espace disponible relativement contraint et souvent sinueux (nombreuses courbures), les contraintes de mise en œuvre et d'installation des câbles à fibre optique dans les réseaux d'accès ont naturellement nécessité de nouveaux types de fibres exhibant des performances de tenue à la courbure améliorées par rapport à la fibre G.652.

En pratique, une fibre standard G.652.D n'est pas utilisable pour le câblage en intérieur en raison de sa sensibilité aux faibles rayons de courbure, phénomène qui se traduit par l'augmentation des pertes optiques aux grandes longueurs d'onde de fait de la fuite d'une partie de la puissance optique en dehors du cœur optique comme illustré dans le Figure 1. Ce mécanisme de pertes est appelé pertes par macro-courbure. Le niveau de perte dépend du type de fibre, du rayon de courbure appliqué et est fonction de la longueur d'onde (voir Figure 2). Plus la longueur d'onde est grande et/ou le rayon de courbure est petit, plus la perte induite sera élevée.

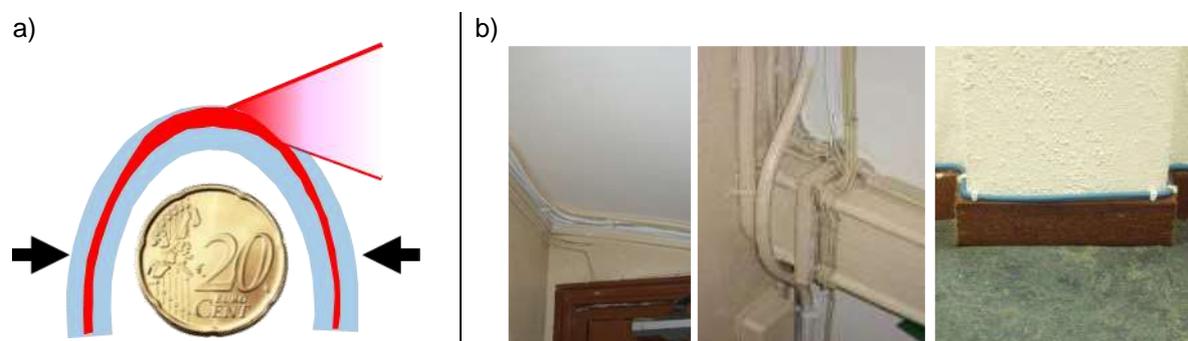


Figure 1 : a) illustration du mécanisme de pertes induites par macro-courbure mettant en œuvre des rayons de courbures supérieurs au millimètre : plus le rayon de courbure est petit, plus la puissance optique s'échappant de la fibre est importante. b) exemples de cheminement de câbles à l'intérieur des bâtiments (gauche).



Figure 2 : Exemples de pertes induites par macro-courbures à 1550nm pour deux échantillons de fibres G.652.D et G.657.A2 en considérant deux tours complets autour d'un crayon à papier.

C'est dans cet esprit que la recommandation G.657 a été créée. Elle contient deux catégories (A et B) et plusieurs sous-catégories (A1, A2, B2 et B3), permettant de spécifier des performances optiques de tenue à la courbure de l'ordre de 10 (A1), 100 (A2 et B2) et 300 (B3) fois supérieures à celle d'une fibre G.652.D. Les fibres de la catégorie A peuvent être utilisées dans les bandes optiques O, E, S, C et L, c'est-à-dire de 1260 à 1625 nm. Cette catégorie est conforme à la recommandation G.652.D et en possède les mêmes caractéristiques de transmission et d'interconnexion. Les deux sous-catégories A1 et A2 ont été introduites pour distinguer les fibres dont les performances sont respectivement garanties jusqu'à des rayons de courbure de 10 mm (G.657.A1) ou 7,5 mm (G.657.A2).

Les fibres de la catégorie B ne sont pas entièrement conformes à la recommandation G.652.D et leur usage est recommandé seulement en bout de réseau sur quelques centaines de mètres. Deux sous-catégories ont été définies aux rayons de courbure de 7,5 mm (G.657.B2) et de 5 mm (G.657.B3).

La Figure 3 reprend les performances décrites ci-dessus pour les sous-catégories de fibre de la recommandation G.657.

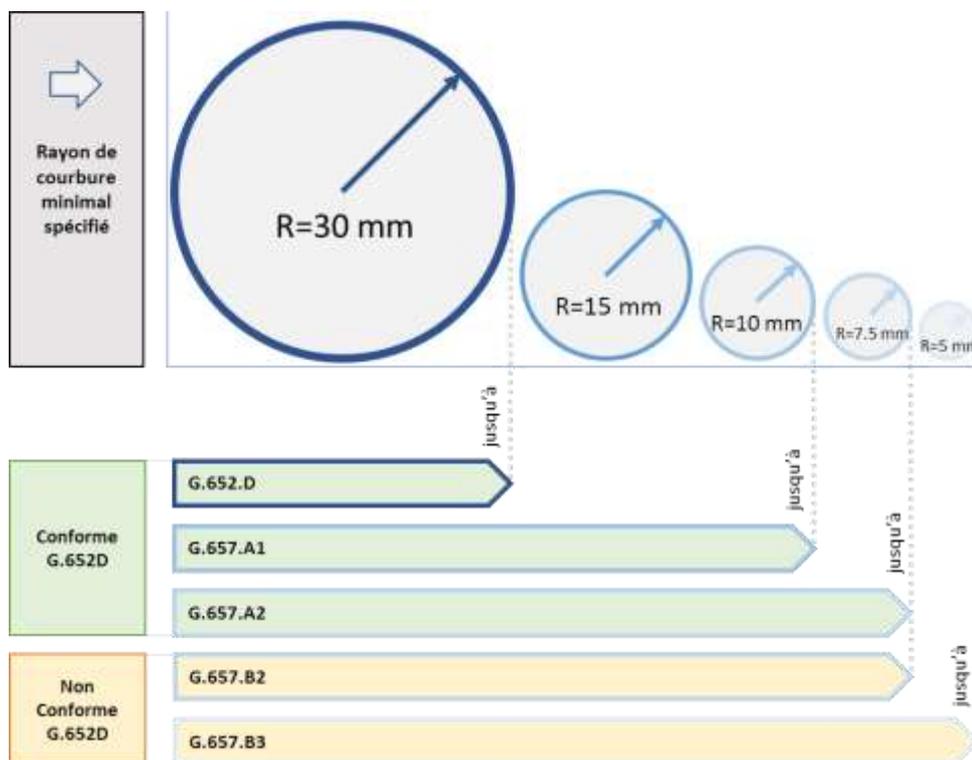


Figure 3 : Aperçu des performances de tenue en macro-courbures des sous-catégories de fibres de la recommandation G.657 par rapport à la fibre G.652.D.

A noter également que l'on définit un autre mécanisme de pertes induites par courbure correspondant à la présence de perturbations submillimétriques le long de la fibre. Ces perturbations sont causées par la présence de nombreux points de contact le long d'une fibre avec les autres fibres présentes dans le câble ou bien les parois des éléments constitutifs du câble. Ce type de mécanisme est appelé perte induite par micro-courbures. Le phénomène se manifeste par un accroissement des pertes optiques aux grandes longueurs d'ondes (bandes optiques C, L et U). Il a été démontré que les fibres G.657A2 présentaient intrinsèquement une meilleure résilience à ce type de phénomènes que les fibres G.652.D. Cela permet l'emploi des fibres G.657.A2 dans des structures de câbles plus serrées et caractérisée par une densité de fibres accrue. A la différence des pertes induites par macro-courbures, les pertes induites par micro-courbures ne font pas l'objet de document de normalisation.

Conclusion

La fibre G.657.A2 est particulièrement adaptée aux exigences techniques et de déploiement des réseaux d'accès optiques. Compte tenu de ses performances en termes de tenue aux pertes induites par courbures (macro- et micro-courbures), cette fibre permet de sécuriser les niveaux de pertes sur l'ensemble du spectre disponible (de 1260 à 1650 nm) et réduit les coûts d'installation, d'opération et de maintenance. Les études menées par le comité expert fibre de l'ARCEP en 2019 et 2020 ont montré que l'utilisation de la fibre G.657.A2 conduit à un système plus robuste vis-à-vis des aléas d'exploitation d'un réseau d'accès, comme le réseau FTTH. La fibre G.657.A2 est la fibre recommandée par le comité expert fibre de l'ARCEP sur l'ensemble de la BLOM (Boucle Locale Optique Mutualisée), comme notamment mentionné dans son avis de septembre 2020.

Pour en savoir plus, consultez les autres fiches du dossier technique fibre optique :

- Fibre optique : structures et caractéristiques
- A propos de la normalisation des fibres optiques