
**Optique ophtalmique — Revue des
méthodes d'essai utilisées pour
évaluer la résistance à la rayure et à
l'abrasion des verres ophtalmiques**

*Ophthalmic optics — Review of the test methods used to assess
scratch and abrasion resistance of spectacle lenses*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 21958:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98cf9216-0159-41e8-af51-85cc16e11e88/iso-tr-21958-2019>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO/TR 21958:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98cf9216-0159-41e8-af51-85cc16e11e88/iso-tr-21958-2019>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Contexte	1
5 Mécanismes d'abrasion et de rayure mécaniques sur les surfaces des verres	2
5.1 Discussion et mécanismes de rayure	2
5.2 Essais et les différentes formes de dommages	4
5.3 Évaluation de l'endommagement de la surface	5
6 Description de la méthode d'essai	6
6.1 Essai à la paille de fer	6
6.1.1 Principe	6
6.1.2 Description	6
6.1.3 Avantages et inconvénients	8
6.2 Essai Tumble	8
6.2.1 Principe	8
6.2.2 Description	9
6.2.3 Avantages et inconvénients	10
6.3 Essai de la gomme	10
6.3.1 Principe	10
6.3.2 Description	11
6.3.3 Avantages et inconvénients	12
6.4 Essai Bayer (essai du grain abrasif oscillant)	13
6.4.1 Principe	13
6.4.2 Description	13
6.4.3 Avantages et inconvénients	14
6.5 Nano rayure (dispositif de charge à pointe diamant)	15
6.5.1 Principe	15
6.5.2 Description	15
6.5.3 Avantages et inconvénients	16
6.6 Essai d'abrasion Taber	17
6.6.1 Principe	17
6.6.2 Description	17
6.6.3 Avantages et inconvénients	17
6.7 ISO 8980-5 «Exigences minimales pour les surfaces de verres de lunettes déclarées être résistantes à l'abrasion»	18
6.7.1 Principe	18
6.7.2 Description	18
6.7.3 Avantages et inconvénients	19
7 Conclusion	19
Bibliographie	21

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et photonique*, sous-comité SC 7, *Optique et instruments ophtalmiques*.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Optique ophtalmique — Revue des méthodes d'essai utilisées pour évaluer la résistance à la rayure et à l'abrasion des verres ophtalmiques

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les méthodes d'essai les plus couramment considérées dans les travaux de normalisation relatifs à la résistance à la rayure et à l'abrasion des verres ophtalmiques en plastique ainsi qu'à leurs capacités et limitations techniques. Il comprend la méthode d'essai ISO pour l'évaluation des revendications de résistance basique à l'abrasion de l'ISO 8980-5.

Le présent document est destiné à bénéficier à tout intérêt futur à l'égard de la normalisation ISO dans le domaine de la résistance à la rayure et à l'abrasion des verres ophtalmiques.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

4 Contexte

Le marché des verres ophtalmiques s'étant détourné du verre au profit du plastique dans les années 1970, il est devenu nécessaire, face à la demande en traitements pour verres de ophtalmiques en plastique améliorés résistant à l'abrasion, d'évaluer et de comparer les performances des nouveaux traitements disponibles sur le marché.

Au fil des années ont été élaborées un certain nombre de méthodes d'essai de résistance à l'abrasion très différentes qui emploient un large éventail de façons d'abriter le verre des lunettes. Chaque méthode utilise un mécanisme de rayure ou d'abrasion unique, ce qui affecte la façon dont la capacité du verre à résister aux dommages est évaluée.

En outre, ces méthodes d'essai utilisent des méthodes différentes d'évaluation de l'endommagement de surface du verre d'essai.

Ensemble, les différents mécanismes d'abrasion et les méthodes différentes d'évaluation produisent souvent des différences radicales dans le classement et l'évaluation des performances des surfaces des verres, qui ne reflètent pas les performances sur le marché et l'expérience des utilisateurs en conditions réelles.

D'importants efforts de normalisation nationale et ISO ont été consentis dans le but de trouver une méthode d'essai unique qui prédirait de façon fiable l'expérience de l'utilisateur ou les performances sur le marché. Au terme d'un travail considérable, il est apparu que cet objectif ne pouvait être atteint, et ce travail a été abandonné.

À la place, une norme ISO (ISO 8980-5) a été élaborée avec succès à l'aide d'une méthode capable de déterminer si la surface d'un verre déclaré comme étant résistant à l'abrasion pouvait atteindre un niveau basique de performances. Cette méthode d'essai suit la seule approche connue qui évite la possibilité d'utiliser l'essai standard pour classer les produits du marché.

D'autres travaux ont suivi la publication de l'ISO 8980-5, cette fois dans le but de créer une norme pour une «résistance avancée à l'abrasion» à un niveau supérieur au «niveau basique».

Cependant, après quelques années de travail, le groupe de projet responsable n'a pas été en mesure d'atteindre l'objectif d'un essai unique capable de prédire les performances sur le marché et l'expérience d'usure réelle, c'est pourquoi les travaux supplémentaires ont été abandonnés.

Le présent document décrit de façon détaillée les méthodes d'essai de résistance à l'abrasion les plus courantes utilisées pour évaluer les surfaces des verres ophtalmiques élaborées sur plusieurs décennies et qui ont été prises en compte lors des travaux de normalisation, ainsi que leurs capacités et limitations techniques. Il comprend la méthode d'essai ISO pour l'évaluation des revendications de résistance basique à l'abrasion de l'ISO 8980-5.

Le présent document explique également les différents mécanismes d'abrasion et de rayure.

5 Mécanismes d'abrasion et de rayure mécaniques sur les surfaces des verres (standards.iteh.ai)

5.1 Discussion et mécanismes de rayure

Lorsqu'il s'agit de chercher à catégoriser et à quantifier les dommages occasionnés à une surface de verre, l'industrie des verres ophtalmiques elle-même a des divergences d'opinions au sujet des définitions, des descriptions et des catégories de types de dommages. Une méthode normalisée pour l'évaluation et la quantification de ces dommages représente donc une activité extrêmement complexe qui produira toujours des opinions différentes quant à l'interprétation des résultats des essais.

Deux termes types utilisés dans l'industrie des verres ophtalmiques pour décrire l'endommagement de la surface du verre sont «abrasion» et «rayure».

Il n'existe dans ce secteur d'activité aucune définition unique convenue pour ces termes; cependant, des descriptions basiques pourraient être:

- RAYURE – Processus de dégradation d'une surface intacte d'un verre causé par le contact/l'impact initial d'un objet sur la surface d'un verre, puis par le frottement/mouvement de l'objet sur la surface du verre

synonymes: entailler, abraser, rendre rugueux, érafler, lacérer, rainurer, entamer, graver, inciser, évider;

- ABRASION – Processus de dégradation d'une surface intacte d'un verre causé par la piqure ou l'usure de la surface

synonymes: usure, érosion, grattage, corrosion, être mangé, frottement, ponçage, décapage, écorchage, excoiation.

Un exemple d'*abrasion* pourrait être lorsque la surface d'un verre est frottée de façon continue à l'aide d'un chiffon ou d'un mouchoir, et qu'au fil du temps se produit une dégradation de la surface/du traitement qui altère son apparence et son fonctionnement. Une *rayure* pourrait se produire si du sable ou des débris se trouvaient sur le chiffon et que le glissement de cette particule a occasionné un dommage localisé spécifique car elle a été frottée sur toute la surface. Cette dernière est susceptible

d'être remarquée plus facilement par l'utilisateur lorsqu'il regarde le verre à la lumière car elle est de nature moins uniforme.

Certains estiment qu'«abrasion» est un terme générique permettant de décrire de nombreux types de dommages à la surface d'un verre et que «rayure» n'est qu'un sous-ensemble des types de dommages.

D'autres estiment qu'«abrasion» est habituellement le terme générique permettant de décrire les dommages liés à un «impact» et que «rayure» est habituellement le terme générique utilisé pour décrire les dommages liés aux frottements.

Rayure est le terme souvent utilisé pour décrire les dommages visibles à la surface d'un verre qui se produisent en lignes droites.

La rayure est souvent considérée comme étant une occurrence de dommage unique avec un point de contact unique causé par un objet et avec contact prolongé et un mouvement dans une direction constante.

L'abrasion est souvent considérée comme étant le dommage causé par la survenue répétée de points de contact multiples d'un objet sur une plus grande surface.

Les mécanismes d'endommagement de la rayure et de l'abrasion dépendent tous deux de l'interaction de facteurs tels que la force/la pression, la surface de contact, la dureté relative du matériau, la durée du contact et l'exposition répétée au dommage, les coefficients de frottement des surfaces, la rugosité de surface, etc. sur le verre (le «verre» comprend la combinaison du traitement et du substrat).

La résistance à l'abrasion et la résistance aux rayures sont des termes qui sont généralement utilisés de manière interchangeable dans l'industrie. L'ISO 8980-5 concernée s'intitule «Exigences minimales pour les surfaces des verres optiques déclarées être résistantes à l'abrasion» et utilise le terme «résistance à l'abrasion» tandis que les services marketing de cette industrie utilisent généralement le terme résistance à la rayure.

Les types de dommages peuvent être regroupés tel que représenté au [Tableau 1](#) ci-dessous.

Tableau 1 — Types de dommages

liés aux frottements	liés aux chocs
déchirure	piqûre
coupure	écaillage
éraflure	choc

Le dommage à la surface d'un verre peut être d'un seul type ou être une combinaison des types indiqués dans le tableau ci-dessus. Sa direction peut être linéaire ou être aléatoire en fonction du mécanisme d'essai.

La «rayure» peut être considérée comme une combinaison des types de dommages liés aux chocs et aux frottements car une rayure peut provenir du contact/de l'impact d'un objet avec la surface, puis se traduire en mécanisme d'endommagement lié aux frottements (déchirure ou coupure), puisque l'objet reste en contact et est déplacé sur toute la surface.

Dans les performances en conditions réelles, un verre déclaré comme affichant des propriétés de résistance élevée aux rayures pourrait en réalité bien tolérer un type de mécanisme d'endommagement, mais offrir de mauvaises performances face à un mécanisme d'endommagement différent.

Exemple d'étude de cas:

Le dommage par abrasion peut être causé par l'essuyage quotidien de la poussière et des traces de doigts présents sur les verres. La force exercée par l'extrémité de nos doigts est d'environ 10 N sur une surface d'environ 1 cm². Plusieurs essuyages avec un chiffon doux propre ne causent aucun dommage à une surface de verre propre. Ce n'est qu'après environ 1 000 essuyages que l'angle de contact des couches «top coat» hydrophobes commence à diminuer, mais en règle générale la surface traitée d'un verre

ne présente aucun dommage visible ou aucune variation de la couleur réfléchie. Dans des conditions réelles, ni le chiffon ni la surface du verre ne sont jamais parfaitement propres: il y a de petits grains de toute sorte de poussière ou même de sable. Lors de l'essuyage de la surface du verre, ils causent de nombreuses rayures plus légères et plus prononcées, phénomène bien connu qui peut être observé sur les verres portés après plusieurs mois. Cela peut être compris en estimant la pression exercée par un grain de sable sur la surface du verre. Du côté du grain du chiffon, le chiffon doux s'adapte à la forme du grain. Du côté du verre, le grain de sable et la surface du verre ne peuvent adapter que légèrement leur forme respective du point de vue élastique, ce qui signifie que la zone de contact est largement inférieure au diamètre du grain. En supposant que le grain a un diamètre de $0,1 \text{ mm} = 100 \text{ }\mu\text{m}$, la surface de contact approximative est inférieure à environ $(10 \text{ }\mu\text{m})^2$. La force exercée étant la même que du côté chiffon, la pression au niveau de la zone de contact sur le verre est 2 fois plus grande, ce qui provoque la déformation plastique, c'est-à-dire des rayures. Observées à l'aide d'un microscope, les rayures types mesurent entre $1 \text{ }\mu\text{m}$ et $10 \text{ }\mu\text{m}$ de largeur et jusqu'à $1 \text{ }\mu\text{m}$ de profondeur, et sont souvent accompagnées de fissures et même d'un décollement du traitement.

Outre le nettoyage des verres, il existe d'autres causes types d'endommagement de la surface des verres:

- comportement au stockage, c'est-à-dire tournés vers le bas sur un tableau de bord de voiture où des vibrations permanentes ont lieu;
- verres posés tournés vers le bas sur la surface dure d'un banc ou d'un bureau;
- transport dans un sac à main, où ils entrent en contact avec d'autres objets;
- rangement dans la poche d'une chemise, où ils frottent en permanence contre le matériau de la poche;
- chute au sol ou dans la poussière, etc.

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.itech.ai)

5.2 Essais et les différentes formes de dommages

Bien qu'il existe actuellement un éventail d'essais permettant d'évaluer la «résilience» d'un produit face aux dommages dus aux mécanismes de rayure et/ou d'abrasion, aucun essai unique n'a démontré être représentatif des conditions réelles. En outre, les essais créent et mesurent généralement une forme bien précise de dommage et d'interaction entre les surfaces.

Certains des paramètres d'entrée des essais tels qu'indiqués plus haut sont la force/pression, la zone de contact, la dureté relative du matériau, la durée des contacts et l'exposition répétée aux dommages, les supports abrasifs, la charge, la vitesse et le nombre de cycles, et toute combinaison de ces paramètres peut produire des résultats d'essai différents, étant donné que différents mécanismes d'endommagement de la surface sont à l'œuvre.

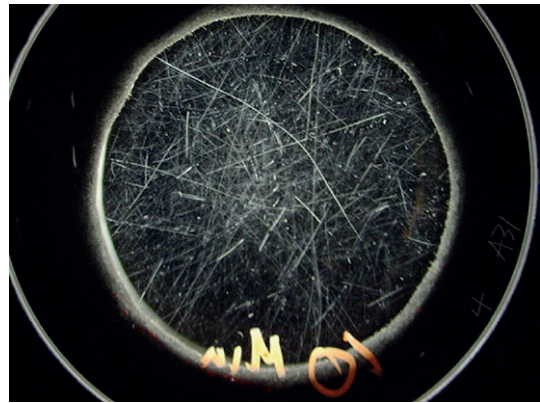
En raison des différentes actions mécaniques utilisées dans les différents essais, différentes composantes/forces d'endommagement directionnel sont en jeu. Certaines utilisent des mouvements systématiquement linéaires qui produisent des trames d'endommagement linéaires et d'autres présentent des directions d'endommagement plus aléatoires, tel que représenté à la [Figure 1](#) ci-dessous.

La micro-dureté, le module d'élasticité, la rugosité et les frottements jouent un rôle différent dans chaque type d'essai d'usure avec leurs phénomènes dynamiques prédominants intrinsèques. Les essais de dureté statiques ne tiennent par exemple pas compte de ces phénomènes dynamiques.

Historiquement, les résultats des essais à la paille de fer et des essais Taber ont montré une dépendance vis-à-vis de l'élasticité et de la micro-dureté, alors que l'essai Tumble présente une dépendance à la rugosité de surface. Le frottement superficiel présente toutefois une bonne corrélation avec chacun des trois essais d'abrasion.



a) Trame de diffusion avec abrasion de Bayer



b) Trame d'abrasion de l'essai Tumble



c) Essai à la paille de fer



d) Essai de la gomme

Figure 1 — Exemples de dommages

La Figure 1 a) montre de nombreuses rayures fines et un fond voilé. Direction semi-aléatoire de la trame d'endommagement – une certaine composante linéaire.

La Figure 1 b) montre de grosses rayures mais un fond plus clair. Dommages directionnels aléatoires.

La Figure 1 c) montre une trame d'endommagement linéaire causée par l'essai à la paille de fer.

La Figure 1 d) montre une trame d'endommagement linéaire.

5.3 Évaluation de l'endommagement de la surface

Les méthodes d'évaluation des dommages les plus courantes sont la mesure des variations du facteur de transmission lumineuse, de la diffusion de la lumière et l'évaluation subjective cosmétique avant et après l'endommagement.

Le problème avec cette approche est que les résultats peuvent sembler être en contradiction avec d'autres méthodes d'évaluation. Par exemple, une unique rayure profonde qui est inacceptable d'un point de vue cosmétique pourrait donner un résultat satisfaisant dans un essai fondé sur une méthode de mesure de la lumière diffuse.

Les essais d'abrasion qui fournissent un endommagement uniforme (tels que l'essai Bayer) sont bien adaptés à l'évaluation à l'aide de techniques de mesure de la lumière diffuse (diffusion). Un essai tel

que l'essai Tumble pourrait présenter des trames de rayure plus réalistes, mais il ne convient pas à une évaluation basée sur une mesure de la diffusion.

Une surface légèrement piquée pourrait être acceptable en termes cosmétiques, mais elle donne de mauvais résultats lors d'un essai à l'aide d'une mesure de la lumière diffuse. Par conséquent, chaque essai doit être associé au type de mesure des dommages le mieux adapté pour obtenir une évaluation pertinente. Exemples d'associations éprouvées: essai Bayer avec mesure de la diffusion et essai de la gomme avec examen visuel contre une limite clair-obscur tel que défini dans l'ISO 8980-5.

Il peut être nécessaire d'avoir une meilleure compréhension détaillée de la résistance à l'abrasion/aux rayures des verres avec traitement. La surface est généralement examinée à l'aide de microscopes, de microscopes électroniques ou d'outils d'analyse de la surface encore plus onéreux.

6 Description de la méthode d'essai

6.1 Essai à la paille de fer

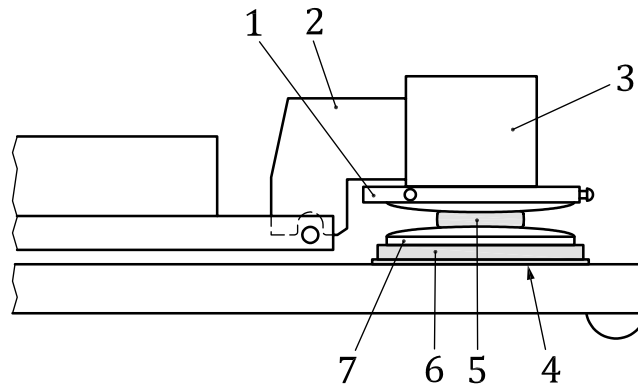
6.1.1 Principe

L'essai se focalise sur la force nécessaire pour atteindre le seuil de pénétration de la surface avant l'apparition d'une rayure. Cet essai a été créé spécialement pour soumettre à essai les traitements résistants à l'abrasion pour le marché des verres ophtalmiques. Il s'agit d'un type de dommage lié aux frottements: des rayures présentant une trame linéaire. D'autres versions de cet essai sont réalisées avec différentes qualités de paille de fer et avec un nombre de cycles, un poids et une vitesse différents.

6.1.2 Description

6.1.2.1 Récapitulatif de la procédure d'endommagement de la surface

La procédure d'évaluation de la résistance à l'abrasion nécessite le mouvement contrôlé, selon un nombre spécifié de cycles et dans des conditions de charge spécifiées, d'un tampon de paille de fer spécifié, utilisé comme support abrasif, sur la surface des verres ophtalmiques en plastique (voir la [Figure 2](#)).



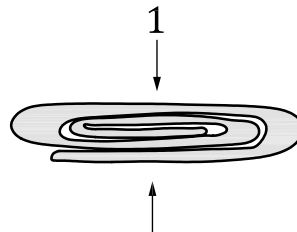
Légende

- 1 porte-tampon
- 2 porte-bloc
- 3 poids de $1,8 \pm 0,2$ kg
- 4 plaque métallique
- 5 Tampon de paille de fer
- 6 tampon en caoutchouc
- 7 verre d'essai

Figure 2 — Schéma de l'essai à la paille de fer

Chaque tampon de paille de fer, tel qu'illustré à la Figure 3, est qualifié à la suite d'une procédure détaillée et il est impératif pour cet essai que des verres de contrôle de qualité uniforme soient utilisés.

Un cycle d'essais se compose au total de 9 verres (6 échantillons plus 3 verres de contrôle) abrasés à l'aide d'un unique tampon de paille de fer conditionné de façon adéquate.



Légende

- 1 aplatis

Figure 3 — Paille de fer pliée

6.1.2.2 Méthode d'évaluation des dommages de surface

Le paramètre d'intérêt est l'augmentation mesurée moyenne des dommages (estimée par l'augmentation de la diffusion détectée par un instrument adapté) après 75 cycles.

Des statistiques de qualité supérieure peuvent être obtenues et le niveau de confiance dans les résultats peut être améliorée si davantage de points de données sont disponibles, points sur lesquels une régression linéaire selon la méthode des moindres carrés peut être effectuée.

Les différences peuvent être observées visuellement lorsqu'elles sont significatives mais la méthode d'évaluation pour l'essai à la paille de fer utilise des mesures de la diffusion avant et après chaque séquence («Hazemeter»).