



ORGANIZZAZIONE INTERNAZIONALE TRASPORTI A FUNE
INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR DAS SEILBAHNWESEN
ORGANISATION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS A CABLES
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR TRANSPORTATION BY ROPE
ORGANISACION INTERNACIONAL DES TRANSPORTES POR CABLE

Recommandations techniques en vigueur

CAHIER 30
(Édition 2019)

Solutions pour l'amélioration de l'examen visuel des câbles

La présente recommandation n'est pas d'application obligatoire, mais constitue un document de travail mis à disposition de la profession.
Il serait souhaitable d'appliquer dans tous les pays, sous réserve de normes nationales et dispositions administratives qui prévvalent.



ROMA 1957
PARIS 1963
LUZERN 1969
WIEN 1975
MÜNCHEN 1981
GRENOBLE 1987
BARCELONA 1993
SAN FRANCISCO 1999
INNSBRUCK 2005
RIO DE JANEIRO 2011
BOLZANO – BOZEN 2017

ORGANIZZAZIONE INTERNAZIONALE TRASPORTI A FUNE
INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR DAS SEILBAHNWESEN
ORGANISATION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS A CABLES
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR TRANSPORTATION BY ROPE
ORGANISACION INTERNACIONAL DES TRANSPORTES POR CABLE

Sede : I-00144 ROMA – Viale Pasteur, 10

OITAF

CAHIER 30

Edition 2019

Solutions pour l'amélioration de l'examen visuel des câbles

**Rédiged par
Commission d'étude No II**

Sommaire

1	Introduction.....	4
1.1	Contexte et application.....	4
1.2	Aperçu historique.....	5
1.3	Distinction entre l'examen visuel et le contrôle magnéto-inductif (MRT).....	6
2	Nécessité de l'examen visuel.....	7
3	Situation actuelle des conditions d'examen.....	12
3.1	Généralités.....	12
3.2	Examen visuel des câbles porteurs.....	14
3.3	Examen visuel sur téléphériques monocâbles à mouvement continu standardisés	16
4	Préparation des tests sur le terrain.....	17
4.1	Premier test sur le terrain.....	17
4.2	Second test sur le terrain.....	17
4.3	Reproduction artificielle de défauts.....	18
4.3.1	Reproduction artificielle d'un impact de foudre.....	18
4.3.2	Reproduction artificielle d'une rupture de fils métalliques.....	20
4.3.3	Reproduction artificielle de la corrosion.....	21
4.3.4	Reproduction artificielle de stries.....	22
4.3.5	Utilisation des défauts artificiels pour le test sur le terrain.....	23
4.4	Création des questionnaires.....	24
4.5	Choix des méthodes de réalisation de tests.....	24
5	Tests sur le terrain : analyses et conclusions.....	27
5.1	Évaluation du questionnaire avant examen visuel.....	27
5.2	Détermination du taux de détection de défaut.....	32
5.2.1	Taux de détection de défaut déterminé en fonction de la méthode d'examen	32
5.2.2	Taux de détection de défaut déterminé en fonction du type de défaut.....	33
5.2.3	Rapport entre taux de détection de défaut et expérience acquise.....	35
5.3	Mesure du diamètre et du pas de câble.....	37
5.4	Examen réalisé à l'aide d'un collant en nylon.....	40
5.5	Examen réalisé à l'aide d'un miroir.....	43
5.6	Influence de la couleur de l'arrière-plan lors de l'examen.....	46
5.7	Examen des câbles porteurs.....	46
6	Recommandations d'évaluation pour l'examen visuel.....	48
7	Rapport d'examen visuel.....	56

8	Utilisation de dispositifs d'examen visuel	57
9	Conclusion	61
10	Bibliographie.....	64
	Annexes	65
	Questionnaire avant examen visuel	65
	Questionnaire après examen visuel	72
	Évaluation des conditions d'examen de câbles à torons	78

Contributeurs (dans l'ordre alphabétique)

Urs Amiet (OFT, Berne, CH), Peter Baldinger (Teufelberger Seil GmbH, Wels, AT), Markus Beck (Doppelmayr Seilbahnen GmbH, Wolfurt, AT), Rudolf Beha (LEITNER AG, IT), Ueli Blessing (CITT Spiez, CH), George Boyden (SANDIA PEAK TRAM CO, USA), Stéphane Contardo (STRMTG, St. Martin d'Hères, FR), Marina Härtel (IFT STUTTGART, DE), Peter Huber (VDS – Groupement des téléphériques allemands) (Zugspitzbahn AG, Garmisch-Partenkirchen, DE), Konstantin Kühner (Jakob AG, Trubschachen, CH), Reinhard Lauber (Zermatt Bergbahnen AG, Zermatt, CH), Bruno Longatti (CITT, Spiez, CH), Stefan Messmer (Swiss Safety Center, Wallisellen, CH), Stéphane Pernot (LETSCAN, FR), Oliver Reinelt (Fatzner AG, Romanshorn, CH), Josef Sutter (Doppelmayr Seilbahnen GmbH, Wolfurt, AT), Sebastian Traub (Rotec GmbH, Stuttgart, DE), Mathieu Weiss (STRMTG, St. Martin d'Hères, FR), Sven Winter (Président de la Commission d'étude n° II) (Rotec GmbH, Stuttgart, DE)

1 Introduction

Résumé : La présente recommandation décrit l'état actuel de la technique pour la réalisation d'un examen visuel des câbles de transports à câbles. D'autres recommandations sont également abordées dans le but d'améliorer cet examen.

Examen visuel : L'examen visuel des câbles est un processus de vérification réalisé par l'exploitant du transport à câbles en question. Le présent document décrit la réalisation des examens de types A et C.

La norme prEN 12927 définira à l'avenir trois types d'examens qui détermineront la vitesse à appliquer durant un examen. Le Tableau 1.1 présente les trois types d'examens de la norme prEN 12927.

« Au lieu de réaliser un examen de type A, un examen visuel de type C peut être fait sur n'importe quel câble à titre d'examen extraordinaire afin de détecter un dommage majeur.

La réalisation d'un examen de type C à titre d'examen extraordinaire ne réinitialise pas l'intervalle qui était prévu jusqu'au prochain examen. » [1]

La présente recommandation porte uniquement sur les types A et C et traite de l'examen visuel des câbles tracteurs, des câbles porteurs-tracteurs et des câbles porteurs. Les câbles d'infrastructure, par exemple, ne sont pas traités.

Tableau 1.1 : Types d'examens selon la norme prEN 12927 [1]

Paramètre	Type A	Type B	Type C
Vitesse	< 0,3 m/s	0	< 1 m/s
Arrêt sur demande	oui	non applicable	oui

1.1 Contexte et application

La présente recommandation s'adresse aux exploitants de transports à câbles, aux fabricants de câbles et de transports à câbles, mais également aux organismes d'examen des câbles, aux techniciens réalisant les épissures et plus généralement à l'ensemble des personnes intéressées.

Supposons que les questions simples suivantes soient posées aux exploitants de transports à câbles :

- Que pensez-vous de l'examen visuel des câbles ?
- Dans quelle mesure vous fiez-vous aux résultats obtenus ?

La plupart des réponses se rapprocheraient des avis contradictoires suivants :

« L'examen visuel des câbles prend beaucoup de temps et ne peut pas être réalisé. »

« L'examen visuel fournit des résultats fiables ; je connais l'état de mes câbles. »

La présente recommandation a pour but :

- De décrire la « meilleure méthode » de réalisation d'examen visuel des câbles
- De décrire l'évaluation des conditions d'examen visuel en fonction du site et les possibilités de documentation
- De proposer un guide pour améliorer le taux de détection de défaut, et par conséquent la qualité de l'examen visuel

L'objectif principal de la présente recommandation est atteint si tous ses lecteurs sont en mesure de reconnaître l'importance de l'examen visuel et de réaliser correctement celui-ci.

1.2 Aperçu historique

Au cours des années passées, l'examen visuel était le seul moyen d'évaluer l'état d'un câble. Avec le développement du contrôle magnéto-inductif (*magnetic rope testing - MRT*)¹ dans les années 1950, l'examen visuel a été de plus en plus négligé, bien que prescrit par les règlements et normes nationales et internationales.

La survenance d'incidents et d'interruptions d'exploitation de transports à câbles a conduit ces dernières années à se pencher à nouveau sur le thème de l'examen visuel. Même si la norme EN 12927, ou d'autres normes et règlements, définissent les intervalles entre les examens, le processus de réalisation de l'examen visuel n'est pas expliqué en détail.

La présente recommandation a pour but de combler ces lacunes.

¹ Pour plus d'informations : O.I.T.A.F. - Commission d'étude n° II : *Cahier 3 - Vue globale sur les contrôles magnéto-inductifs des câbles d'acier*

1.3 Distinction entre l'examen visuel et le contrôle magnéto-inductif (MRT)

L'examen visuel est utilisé pour détecter les défauts de surface du câble et établir l'état actuel de sa couche externe. Les défauts extérieurs constatés lors de l'examen visuel ainsi que leurs causes et leurs conséquences sont expliqués plus précisément dans les chapitres suivants. Le contrôle magnéto-inductif sert quant à lui à détecter les ruptures de fils métalliques internes et les ruptures cachées dans les gorges de toron. Pour cela, le câble est magnétisé jusqu'à la saturation. Les défauts du câble, par exemple des ruptures de fils métalliques ou des imperfections localisées, provoquent alors une modification du flux de dispersion. [2, 3] L'examen visuel peut avoir un caractère préventif car il permet de détecter les défauts avant que la rupture de fils métalliques ne survienne en dernier lieu. [4]

Afin de garantir au câble une longue durée de vie, il convient de combiner examen visuel et contrôle magnéto-inductif (voir Tableau 1.2). [2, 5]

Tableau 1.2 : Combinaison examen visuel + contrôle magnéto-inductif [3]

Contrôle magnéto-inductif	Combinaison	Examen visuel
<p>Ruptures de fils métalliques internes</p> <p>Ruptures de fils métalliques dans une gorge de toron</p>	<p>Forte corrosion</p> <p>Important dommage sur fils métalliques</p> <p>Ruptures de fils métalliques externes</p> <p>Anciennes zones de serrage</p> <p>Impacts de foudre</p>	<p>Fils métalliques tordus</p> <p>Stries, entailles, rayures</p> <p>Traces de frottement sur les torons</p> <p>Corrosion naissante</p> <p>Déformation des fils métalliques</p> <p>Défauts de symétrie du câble</p>

2 Nécessité de l'examen visuel

Comme mentionné au précédent chapitre, l'examen visuel permet de détecter des défauts ou des changements apparus sur la surface du câble. Comme le montre le Tableau 1.2, le contrôle magnéto-inductif ne permet pas de détecter tous les défauts susceptibles d'apparaître à la surface du câble avant qu'ils ne provoquent d'importants dommages. Les dangers que peuvent entraîner les défauts extérieurs et les conséquences impliquées sont présentés ci-après au travers d'exemples.

Cas n°1 : Glissement d'une plaque de serrage

Ce cas montre que le glissement d'une plaque de serrage dû à la friabilité des surfaces (par ex. martensite induite par friction) peut entraîner d'importants dommages s'il n'est pas constaté rapidement, et provoquer des ruptures de fils métalliques. Les examens visuels n'ayant pas été réalisés, seuls des dommages s'étendant sur 41 cm ont pu être détectés lors du contrôle magnéto-inductif suivant. À ce moment-là, la perte de section s'élevait déjà à env. 40 %.



Photo 2.1 : Dommages causés par glissement d'une plaque de serrage



Photo 2.2 : Dommages causés par glissement d'une plaque de serrage

Cas n°2 : Jointure affaissée

Dans ce cas, une jointure affaissée qui n'a pas été détectée a provoqué des ruptures de fils métalliques au niveau de la gorge du toron. Lorsque le dommage a été constaté, il était trop tard pour procéder à une réparation normale, il a fallu faire une épissure et remplacer le câble peu après.



Photo 2.3 : Jointure affaissée présentant quelques ruptures de fils métalliques

Cas n°3 : Dommages causés par la circulation du courant

La circulation du courant peut provoquer de gros dégâts sur un câble. Tandis que la Photo 2.4 et la Photo 2.5 présentent des dommages relativement peu importants, l'étendue est beaucoup plus grande sur la Photo 2.6 et la Photo 2.7. Un examen extraordinaire doit toujours être réalisé après un passage du courant, afin de détecter immédiatement d'éventuels dommages et de lancer des mesures de réparation si nécessaire. S'ils ne sont pas détectés, même des dommages en apparence moindres peuvent avoir de lourdes conséquences pouvant mener au remplacement du câble.



Photo 2.4 : Dommage causé par la circulation du courant



Photo 2.5 : Dommage causé par la circulation du courant



Photo 2.6 : Dommage causé par la circulation du courant



Photo 2.7 : Dommage causé par la circulation du courant

Cas n°4 : Défauts sur câble porteur

La Photo 2.8 représente un câble porteur dont les fils profilés sont sortis du corps du câble. Cela s'est produit pendant le processus de déplacement, lorsque le câble porteur a glissé vers l'arrière sur une selle en acier avec un faible rapport D/d.

Le câble a alors subi un dommage mécanique. La Photo 2.9 représente des traces de grippages, d'abrasion et de corrosion. Au niveau des dommages, de la corrosion sous tension induite par l'hydrogène a provoqué des cassures brutales sous forme de microfissurations. Ces dommages n'étaient pas visibles sur les mesures lors des contrôles magnéto-inductifs.

Le constat le plus important qui ressort de cet incident est que la surface du câble doit faire l'objet d'un contrôle visuel minutieux après chaque déplacement du câble afin de détecter au plus tôt tout endommagement et d'y remédier.

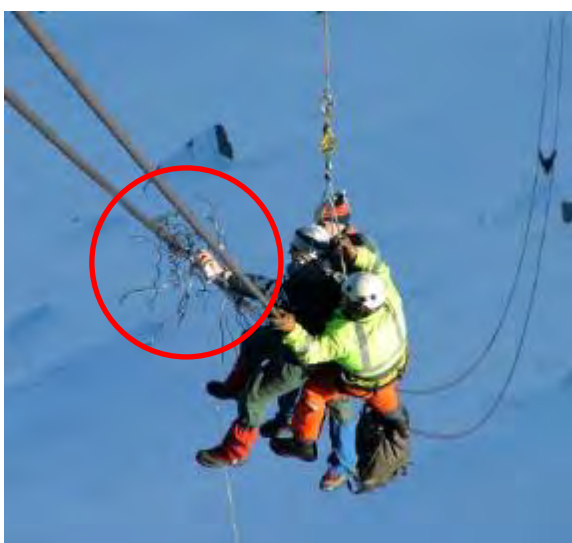


Photo 2.8 : Défaut sur câble porteur [6]



Photo 2.9 : Défaut sur câble porteur - vue détaillée [6]

Cas n°5 : Défauts causés par la foudre

La Photo 2.10, la Photo 2.11, la Photo 2.12 et la Photo 2.13 représentent différents dommages causés par des impacts de foudre sur des câbles à torons et des câbles clos.

La Photo 2.14 représente le point d'entrée de la foudre sur la partie inférieure du câble porteur. Le point de sortie est représenté sur la Photo 2.15. Les deux points ne présentent pas d'endommagement, mais le contrôle magnéto-inductif a révélé une déviation indissociable et asymétrique qui indiquerait deux ruptures de fils métalliques internes. Même si cet élément a été mentionné dans le rapport de contrôle, son potentiel de risque n'a été détecté qu'après un second contrôle magnéto-inductif. Celui-ci comprenait également un examen visuel aléatoire. Par la suite, l'exploitation a dû être interrompue pour remplacer le câble, la tentative de réparation ayant échoué.

Les impacts de foudre peuvent entraîner des pertes matérielles au niveau des fils métalliques, faire apparaître des surfaces coupantes et des modifications structurales comme la martensite, provoquant sur le long terme des ruptures de fils métalliques (plus d'informations au chapitre 4.3.1). Sachant que la foudre frappe souvent une installation, il convient de procéder à une inspection extraordinaire après un orage, afin de constater d'éventuels dommages.²



Photo 2.10 : Défaut causé par la foudre sur un câble à torons



Photo 2.11 : Défaut causé par la foudre sur un câble clos

² Voir §13.3.5 « Examen extraordinaire » prEN 12927



Photo 2.12 : Important défaut causé par la foudre sur un câble à torons

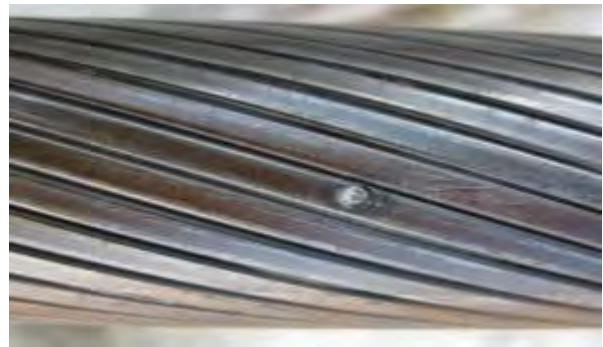


Photo 2.13 : Faible défaut causé par la foudre sur un câble clos



Photo 2.14 : Point d'impact sur la partie inférieure du câble



Photo 2.15 : Point de sortie sur le câble

3 Situation actuelle des conditions d'examen

3.1 Généralités

Les conditions d'examen ne sont souvent pas optimales, en particulier sur le poste d'examen.

- Les postes d'examen sont parfois très réduits (voir Photo 3.1) ou il faut réaliser l'examen depuis une échelle (voir Photo 3.2)
- Il faut souvent adopter une position assise/ debout inconfortable (voir Photo 3.1)
- Parfois l'examen est réalisé par une seule personne avec un miroir (pour pouvoir contrôler le dessous du câble)³
- L'examen de câbles porteurs nécessite de respecter des mesures de sécurité particulières (voir Photo 3.8 à Photo 3.11)
- La lumière est souvent mauvaise et les conditions météo peuvent gêner l'examen à cause du soleil, du brouillard, de la neige ou de la pluie (voir Photo 3.3)

Par ailleurs, les examens sont souvent réalisés sans pause. Cela sollicite énormément la capacité de concentration de la personne chargée de l'examen. Une baisse de concentration peut entraîner l'oubli d'endroits endommagés qui entraîneront le remplacement du câble si l'exploitation se poursuit.



Photo 3.1 : Position assise inconfortable lors de l'examen



Photo 3.2 : Examen visuel sur une échelle et une petite plateforme

³Voir Information importante, page 15



Photo 3.3 : Brouillard lors d'un examen de câble porteur

Il existe certes des postes d'examen très réduits, illustrés par la Photo 3.1 et la Photo 3.2, mais aussi des installations équipées de banc ou de siège qui permettent un travail plus agréable. (Voir les exemples représentés sur la Photo 3.4 et la Photo 3.5)



Photo 3.4 : Siège d'examen sur une installation



Photo 3.5 : Dispositif d'examen visuel

L'examen visuel d'un câble porteur, d'un câble tracteur ou d'un câble porteur-tracteur est souvent réalisé par deux personnes. Mais à deux aussi, le problème de ne pas voir l'ensemble de la surface du câble persiste. Photo 3.6 le montre clairement. Le vert indique les endroits visibles du câble tandis que le rouge représente l'angle mort pour les deux personnes réalisant l'examen.

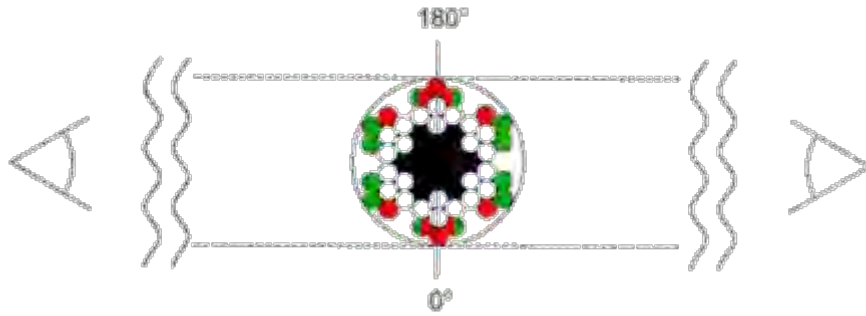


Photo 3.6 : Partie visible de la surface du câble lors de l'examen visuel

Lors de l'examen réalisé à deux, il est également possible qu'une personne utilise un miroir. Une autre méthode consiste à ce qu'une seule personne réalise l'examen à l'aide d'un miroir (voir Illustration 3.7).

Information importante : Lorsqu'une seule personne réalise l'examen, celui-ci doit être fait deux fois. La première fois pour observer le dessus du câble. La seconde pour observer le dessous du câble à l'aide du miroir. Cette méthode est à utiliser uniquement pour les câbles porteurs, puisque les câbles tracteurs et les câbles porteurs-tracteurs tournent automatiquement pendant l'exploitation quand ils passent sur les galets et les poulies.



Illustration 3.7 : Points de vue possibles lors de l'examen

Parfois, c'est le cas souvent des exploitants de téléskis, seule la méthode d'examen avec collant en nylon est utilisée. Cette méthode consiste enrouler un collant en nylon autour du câble et à faire avancer celui-ci à travers le bas, parfois à des vitesses élevées. On peut alors surtout détecter des fils métalliques qui dépassent ou des accumulations de ruptures de fils métalliques, puisque les fils se prennent dans le bas.

3.2 Examen visuel des câbles porteurs

Du point de vue des conditions de travail, l'examen visuel des câbles porteurs se distingue clairement de l'examen des câbles tracteurs ou des câbles porteurs-tracteurs. Tandis que l'examen visuel des câbles tracteurs ou des câbles porteurs-tracteurs est réalisé depuis un

poste fixe, l'examen visuel des câbles porteurs se fait sur la cabine, sur le chariot ou sur des dispositifs spéciaux pour s'asseoir ou s'allonger. Les différents cas sont représentés sur les photos suivantes. Des mesures de sécurité particulières doivent être respectées ici, afin que les intervenants ne soient pas en situation de danger.



Photo 3.8 : Examen visuel de câbles porteurs sur une échelle, une plateforme, un siège et le chariot



Photo 3.9 : Examen visuel de câbles porteurs sur une plateforme et le chariot



Photo 3.10 : Examen visuel de câbles porteurs avec dispositif pour s'asseoir ou s'allonger



Photo 3.11 : Examen visuel de câbles porteurs avec dispositif pour s'asseoir

3.3 Examen visuel sur téléphériques monocâbles à mouvement continu standardisés

Sur les stations modulaires standardisées pour téléphériques monocâbles à mouvement continu, les conditions liées à l'espace sont différentes de celles sur les stations ouvertes, par exemple les télésièges à pinces fixes. Sur les stations modulaires, l'examen est réalisé, selon les fabricants, à l'aide d'un miroir supplémentaire à l'intérieur de la station. Le miroir est représenté sur la Photo 3.12. Lors de l'examen, les deux personnes chargées de contrôler le câble se placent au-dessus du câble. Une personne regarde directement le câble depuis le haut, l'autre regarde le miroir et contrôle le dessous du câble (voir Photo 3.13).



Photo 3.12 : Miroir sur une station modulaire standardisée pour téléphériques monocâbles à mouvement continu (vue de l'extérieur de la station)



Photo 3.13 : Positionnement possible des personnes sur une station modulaire standardisée pour téléphériques monocâbles à mouvement continu

4 Préparation des tests sur le terrain

Pour identifier les limites de l'examen visuel, deux tests sur le terrain ont été réalisés au cours desquels les situations actuelles d'examen décrites au chapitre 3 ont été reproduites, dans la mesure du possible, afin d'établir une méthode d'examen visuel idéale sur la base des résultats obtenus.

4.1 Premier test sur le terrain

Le premier test sur le terrain a été réalisé sur deux télésièges à pinces fixes. Les caractéristiques techniques des installations sont indiquées dans le Tableau 4.1. Sur ces installations, les examens ont eu lieu sur les câbles préparés au préalable. La préparation des câbles est expliquée au chapitre 4.3.

Tableau 4.1 : Caractéristiques techniques des deux installations lors du premier test sur le terrain

	Installation 1	Installation 2
Longueur de câble	938 m	1634 m
Conception du câble	6x19 S	6x26 WS
Diamètre du câble	34 mm	36 mm
Type d'installation	Télésiège à pinces fixes	Télésiège à pinces fixes
Mise en service	1992	2000

4.2 Second test sur le terrain

Le second test sur le terrain portait en particulier sur l'examen visuel de stations modulaires standardisées pour téléphériques monocâbles à mouvement continu et l'examen visuel de câbles porteurs. Tandis qu'une partie du câble était préparée sur une station modulaire, l'examen a été réalisé sur un câble non préparé, présentant toutefois de réels endroits endommagés. Une discussion a par ailleurs eu lieu sur le thème de l'examen des câbles porteurs. Aucun examen des câbles porteurs n'a été réalisé ici.

Tableau 4.2 : Caractéristiques techniques des deux téléphériques monocâbles à mouvement continu

	Installation 3	Installation 4
Longueur de câble	1013 m	2945 m
Conception du câble	6x36 WS	6x36 WS
Diamètre du câble	45 mm	47 mm
Type d'installation	Télésiège débrayable	Télésiège débrayable
Mise en service	2015	2001

4.3 Reproduction artificielle de défauts

Puisque les câbles porteurs-tracteurs des installations ne présentent peu voire aucun défaut, il a été préalablement décidé de créer des défauts artificiels sur les câbles à l'aide de peinture. Pour cela, chaque défaut possible a été reconstitué graphiquement et reproduit à l'aide de peinture.

Les défauts suivants ont été considérés :

- Impact de foudre
- Rupture de fils métalliques
- Corrosion
- Stries/ entailles

Après leur reconstitution graphique, les défauts artificiels ont été vérifiés à l'Institut de manutention mécanique et de logistique (IFT) au cours d'essais préliminaires, pour paraître aussi réalistes que possible.

4.3.1 Reproduction artificielle d'un impact de foudre

Lorsque la foudre frappe un câble, des modifications structurelles comme la martensite apparaissent le plus souvent aux points d'entrée/ de sortie sur le câble. Celles-ci surviennent quand les fils métalliques se réchauffent/ fondent très rapidement et se solidifient à nouveau. La martensite ayant une propriété cassante, la poursuite de l'exploitation peut très vite mener à une rupture des fils. La martensite est visible sur le câble par des colorations légèrement bleuâtres, métallisées et brillantes (voir Photo 4.1). L'illustration 4.3 représente un défaut reconstitué graphiquement.



Photo 4.1 : Impact de foudre coloré en bleu



Photo 4.2 : Martensite avec fils métalliques fondus

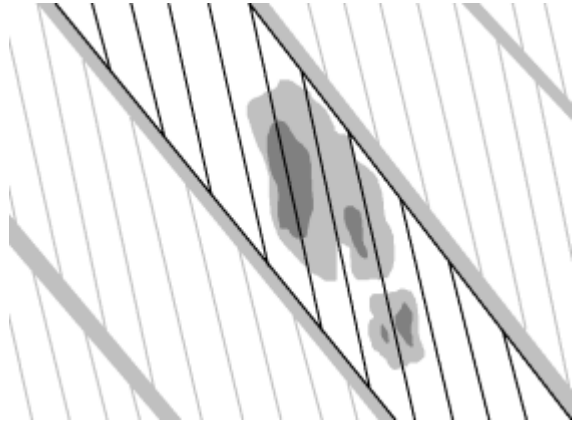


Illustration 4.3 : Impact de foudre reconstitué graphiquement

Pour reproduire un impact de foudre de manière artificielle, une peinture métallisée noire et une peinture bleue ont été utilisées. Pour établir jusqu'à quelle taille minimale il est possible de détecter ce défaut, des points de différentes tailles ont été faits sur le câble. Les diamètres suivants ont été choisis : 0,5 x diamètre du toron, 1 x diamètre du toron et 1,5 x diamètre du toron.



Photo 4.4 : Impact de foudre 1,5 x diamètre du toron



Photo 4.5 : Impact de foudre 1,5 x diamètre du toron



Photo 4.6 : Impact de foudre 1,0 x diamètre du toron



Photo 4.7 : Impact de foudre 0,5 x diamètre du toron

4.3.2 Reproduction artificielle d'une rupture de fils métalliques

Les ruptures de fils métalliques comptent différents types de défauts. Il y a la rupture de fil simple (voir Illustration 4.8 et Illustration 4.10), les ruptures de plusieurs fils accolés (voir Illustration 4.11) ainsi que la rupture d'un toron entier (voir Illustration 4.12). Lors de l'examen visuel, les ruptures de fils métalliques se présentent sous la forme d'ombres sombres à la surface du câble. Les ruptures de fil simple, situées au niveau des gorges de toron, sont particulièrement difficiles à détecter lors de l'examen visuel.

Information importante : Il n'est pas indispensable de détecter les ruptures de fil simple lors de l'examen visuel du câble à torons.



Illustration 4.8 : Rupture de fil simple



Illustration 4.9 : Rupture avec fil qui dépasse



Illustration 4.10 : Rupture de fil simple reconstituée graphiquement

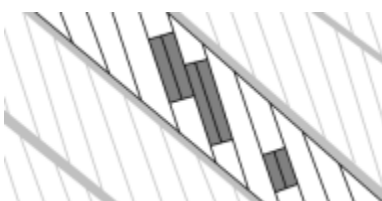


Illustration 4.11 : Rupture de plusieurs fils accolés reconstituée graphiquement



Illustration 4.12 : Rupture d'un toron entier reconstituée graphiquement

Pour ce défaut aussi, les diamètres suivants ont été choisis : 0,5 x diamètre du toron, 1 x diamètre du toron et 1,5 x diamètre du toron. La rupture de fil simple a également été reproduite artificiellement. Les défauts artificiels sont représentés sur les photos suivantes.



Photo 4.13 : Rupture de fil simple dans une gorge de toron



Photo 4.14 : Rupture de fils métalliques 0,5 x diamètre du toron



*Photo 4.15 : Rupture de fils métalliques
1 x diamètre du toron*



*Photo 4.16 : Rupture de fils métalliques
1,5 x diamètre du toron*

4.3.3 Reproduction artificielle de la corrosion

Si un dommage survient sur la surface en zinc du câble, la corrosion est la conséquence la plus fréquente. La corrosion est un processus lent provoquant l'usure des fils métalliques et une perte de section, pouvant mener à une rupture brutale des fils.

La corrosion apparaît très souvent au niveau des gorges de toron (voir Photo 4.17).



*Photo 4.17 : Corrosion dans les gorges de toron
(avec ruptures de fils métalliques)*



Photo 4.18 : Corrosion sur un câble clos

La reproduction artificielle a été faite à l'aide d'une peinture orange. Pour donner un effet plus réaliste à la corrosion, la peinture appliquée a été travaillée avec une brosse à dents pour enlever les contrastes trop marqués. Des points ont également été faits sur le câble avec 0,5 x diamètre du toron, 1 x diamètre du toron et 1,5 x diamètre du toron.



Illustration 4.19 : Corrosion dans une gorge de toron reconstituée graphiquement



Illustration 4.20 : Corrosion sur plusieurs torons reconstituée graphiquement



Photo 4.21: Corrosion dans des gorges de toron



Photo 4.22: Corrosion 1,5 x diamètre du toron

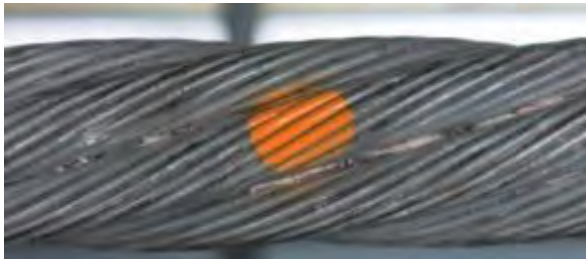


Photo 4.23: Corrosion 1 x diamètre du toron



Photo 4.24: Corrosion 0,5 x diamètre du toron

4.3.4 Reproduction artificielle de stries

Les stries et entailles sont des dommages de surface qui modifient la surface extérieure du fil mais pas sa structure ni celle du câble. Les entailles sont provoquées par des contraintes mécaniques localisées, et les stries par des mouvements relatifs avec des corps durs. Les stries apparaissent sous forme de fines traces de frottements sur une plus grande zone à la surface ; elles sont parfois très difficilement visibles et souvent non détectées lors de l'examen visuel à cause du reflet des éléments environnants (voir Photo 4.26). Une entaille apparaît la plupart du temps de manière localisée au niveau du point d'impact mécanique (voir Photo 4.25).

Lors de l'examen visuel, il est souvent difficile de distinguer les stries des entailles. La distinction entre les deux défauts n'a pas été faite lors de la reproduction artificielle, le but étant de laisser les personnes chargées de l'examen reconnaître ces défauts subtils.

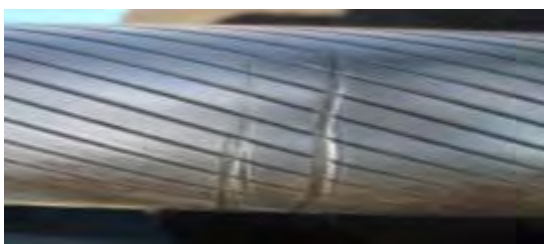


Photo 4.25 : Entailles sur un câble porteur



Photo 4.26 : Stries sur un câble tracteur

La reproduction artificielle des stries et entailles a été faite avec des petits traits de peinture blanche sur les sommets des torons.

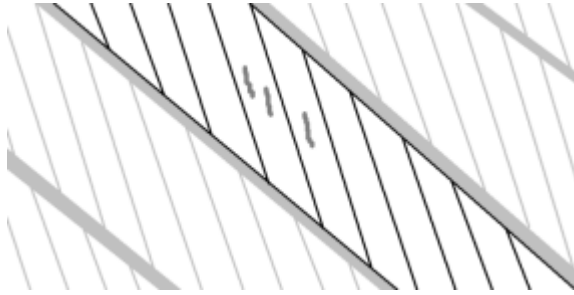


Illustration 4.27 : Stries/ entailles reconstituées graphiquement



Photo 4.28 : Reproduction de stries/ entailles

4.3.5 Utilisation des défauts artificiels pour le test sur le terrain

L'objectif, en appliquant les défauts artificiels sur le câble, était de répartir ceux-ci de manière non systématique.

Pour pouvoir établir simplement les rapports des tests, des points ont préalablement été faits à des espacements de 5 m, 10 m, 20 m, 25 m, 30 m, 40 m et 50 m au niveau desquels des défauts choisis au hasard ont été appliqués. Plusieurs défauts ont parfois même été mis à certains endroits, pour établir si la personne chargée de contrôler se laissait déconcentrer (par exemple en suivant le défaut du regard) et oubliait ainsi les défauts suivants. Les différents espacements de 5 à 50 mètres ont été choisis pour déterminer s'il y avait une baisse de concentration quand aucun défaut n'était détecté pendant une période plus longue (par ex. 50 m).

Pour le premier test sur le terrain, les défauts ont été répartis sur quatre tronçons de 200 m chacun, de sorte à examiner 800 m de câble sur les deux installations. Pour le second test sur le terrain, deux tronçons ont été préparés, soit 400 m de câble.

4.4 Création des questionnaires

Pour évaluer les tests sur le terrain, des questionnaires ont été créés, à remplir par les participants avant ou pendant les tests.

Le « questionnaire avant examen visuel » concerne l'expérience acquise jusqu'ici en matière d'examen visuel. Il porte sur la fréquence et la méthode de réalisation de l'examen. Il est également demandé aux participants de s'auto-évaluer en estimant le pourcentage de défauts reproduits et présentés au chapitre 4.3 qu'ils trouveront lors de l'examen. Il est aussi demandé jusqu'à quelle taille minimum ils pourront détecter un défaut.

Le questionnaire complet est joint en annexe.

Le « questionnaire après examen visuel » a été complété par les participants après chaque réalisation d'un examen. Il consiste entre autres à décrire la méthode de réalisation de l'examen (avec ou sans pause) ; chaque participant peut donner des détails sur les conditions de son poste d'examen, indiquer s'il a eu des difficultés de concentration, si des équipements auxiliaires ont été utilisés (collant en nylon, miroir) et soumettre des critiques sur la méthode de réalisation.

Le questionnaire complet est joint en annexe.

4.5 Choix des méthodes de réalisation de tests

Pour le premier test sur le terrain, les différentes méthodes de réalisation de tests choisies ont été établies d'après la pratique, en concertation avec l'équipe du projet et les collaborateurs de l'Institut de manutention mécanique et de logistique (IFT). La vitesse, les conditions sur le poste d'examen, les pauses et les équipements auxiliaires utilisés ont été pris en compte. Les méthodes de réalisation de tests suivantes ont été établies :

- câble complet sans pause à 0,3m/s
- câble complet sans pause à 0,6m/s
- câble complet sans pause à 1,0m/s
- pause de 5min toutes les 20min à 0,3m/s
- pause de 5min toutes les 15min à 0,3m/s
- pause de 5min toutes les 10min à 0,3m/s
- à l'aide d'un collant en nylon
- à l'aide d'un miroir, pause de 5min toutes les 10min à 0,3m/s
- examen à 3 personnes à 0,3m/s

Compte tenu des méthodes choisies et des installations à disposition lors du premier test, les conditions suivantes ont pu être mises en place sur les postes d'examen. Sur l'installation de Längenfelder, une personne était debout sur une plateforme installée et une autre était debout sur une échelle (voir Photo 4.29). À la station aval de Hexenkessel, les deux personnes étaient sur l'échelle. Une des personnes chargées de l'examen pouvait également s'asseoir sur une petite plateforme (voir Photo 4.30). À la station amont de Hexenkessel, les deux personnes ont pu réaliser l'examen assises sur une plateforme fixe (voir Photo 4.31). Lors du second test sur le terrain, l'examen a été réalisé sur une station

modulaire pour téléphérique monocâble à mouvement continu, à l'aide d'un miroir placé sous le câble (voir chapitre 3.3).

Un collaborateur de l'IFT était présent sur chaque installation pour tous les examens, et les résultats, les conditions aux limites, les commentaires des participants et les événements particuliers ont été compilés dans des rapports.



Photo 4.29 : Conditions sur le poste d'examen de la première installation



Photo 4.30 : Conditions sur le poste d'examen au niveau de la station aval de la deuxième installation



Photo 4.31 : Conditions sur le poste d'examen au niveau de la station amont de la deuxième installation

5 Tests sur le terrain : analyses et conclusions

Une analyse a été faite au terme des tests sur le terrain. Le questionnaire avant examen visuel a d'abord été analysé, puis le taux de détection de défaut atteint lors de l'examen. À l'aide du questionnaire après examen visuel, l'analyse a enfin porté sur le miroir et le collant en nylon utilisés. La discussion sur le thème de l'examen des câbles porteurs du second test sur le terrain a, entre autres, abouti à des conclusions sur les mesures de sécurité lors de l'examen visuel. Sur la base des analyses et conclusions, un système de points a été établi pour évaluer l'examen visuel, présenté au chapitre 6.

5.1 Évaluation du questionnaire avant examen visuel

Information importante : L'ensemble des analyses contenues dans ce chapitre sont les opinions des participants aux tests sur le terrain. Certaines déclarations peuvent donc être contradictoires ou contredire les résultats de l'évaluation et du système d'évaluation !

Comme mentionné plus haut, le questionnaire avant examen visuel a permis aux participants de donner des informations sur leur expérience, de s'auto-évaluer et de partager leur avis sur l'examen visuel.

L'illustration 5.1 représente le nombre d'examens réalisés par les participants. On voit clairement que le pourcentage de répartition s'étend sur un large spectre. Une fois le taux de détection de défaut déterminé, le chapitre 5.2.3 établira s'il existe un rapport entre l'expérience des participants en matière d'examen visuel et ce taux.

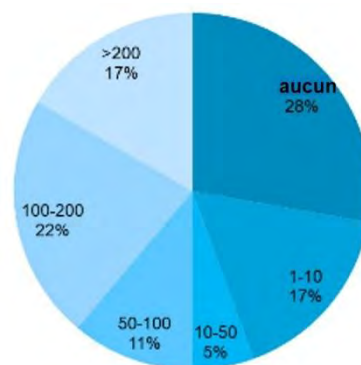


Illustration 5.1 : Nombre d'examens réalisés par les participants

Illustration 5.2 représente l'auto-évaluation des participants par rapport au taux de réussite de détection des défauts. Seulement 22 % des participants estiment qu'ils détecteront moins de 50 % des défauts.

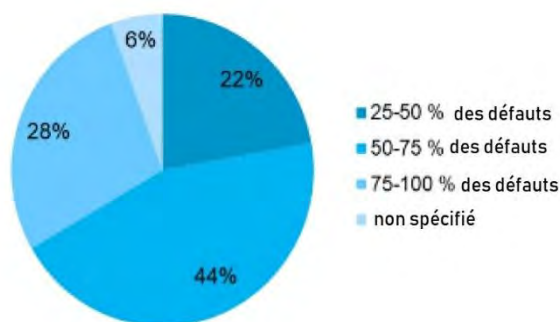






Illustration 5.2 : Auto-évaluation sur le taux de détection de défaut

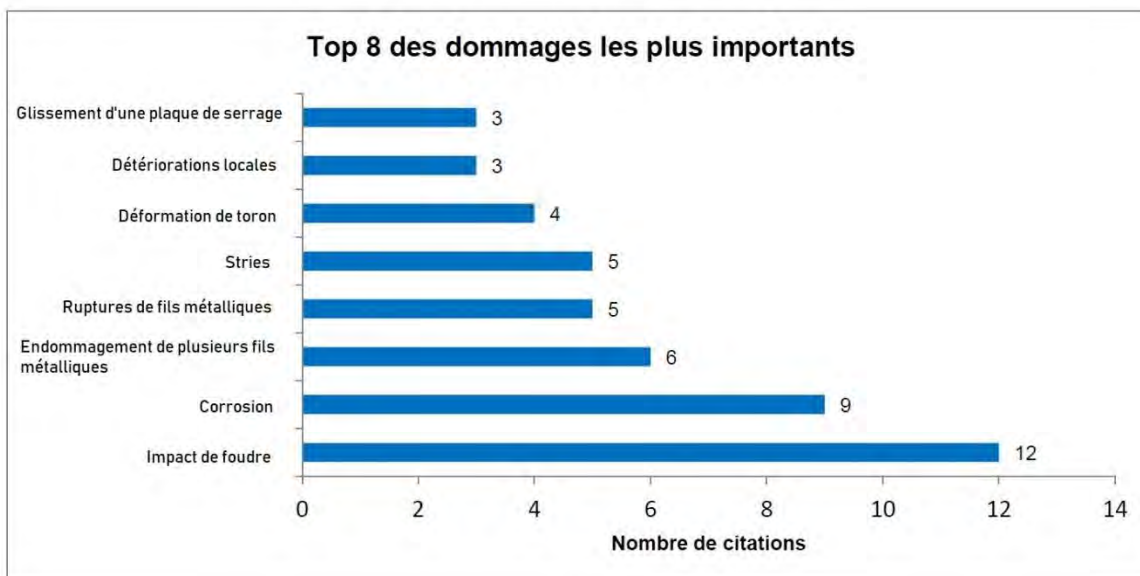
Le Tableau 5.1 présente l'auto-évaluation quant à la taille minimum de défaut que les participants détecteront lors de l'examen. Les différents choix proposés aux participants dans le questionnaire sont précisés en annexe. Comme on peut s'y attendre, la plupart de participants estiment qu'ils ne détecteront pas les plus petits défauts, comme les ruptures de fils métalliques, la corrosion, un impact de foudre à 0,5 x diamètre du toron ou des stries. Seulement près d'un tiers des

participants estiment pouvoir détecter les défauts de toutes tailles.

Tableau 5.1 : Auto-évaluation quant à la taille minimum de défaut détecté

Quels défauts ne sont pas détectés ?	Nombre de personnes
Toutes les tailles de défauts détectées	5 personnes
 Toutes les tailles de défauts jusqu'à 0,5 x diamètre du toron	4 personnes
  Tous les défauts jusqu'à 0,5 x diamètre du toron et sauf les stries	7 personnes
 Tous les défauts sauf les stries	2 personnes

Les huit réponses les plus fréquentes des participants à la question « Quels dommages sont à votre avis les plus importants et doivent absolument être détectés ? » sont représentées dans le Graphique 5.3 : impact de foudre, corrosion, endommagement de plusieurs fils métalliques, ruptures de fils métalliques et stries sont les plus souvent cités. Les déclarations se recoupent donc avec les défauts reproduits de manière artificielle pour les tests sur le terrain (voir chapitre 4.3).



Graphique 5.3 : Top 8 des dommages les plus importants

Les qualités importantes des personnes chargées de l'examen visuel sont représentées dans le Graphique 5.4. Une grande capacité de concentration et une bonne vue sont le plus souvent citées. On retrouve également la motivation de la personne ainsi que le fait d'être bien formé.



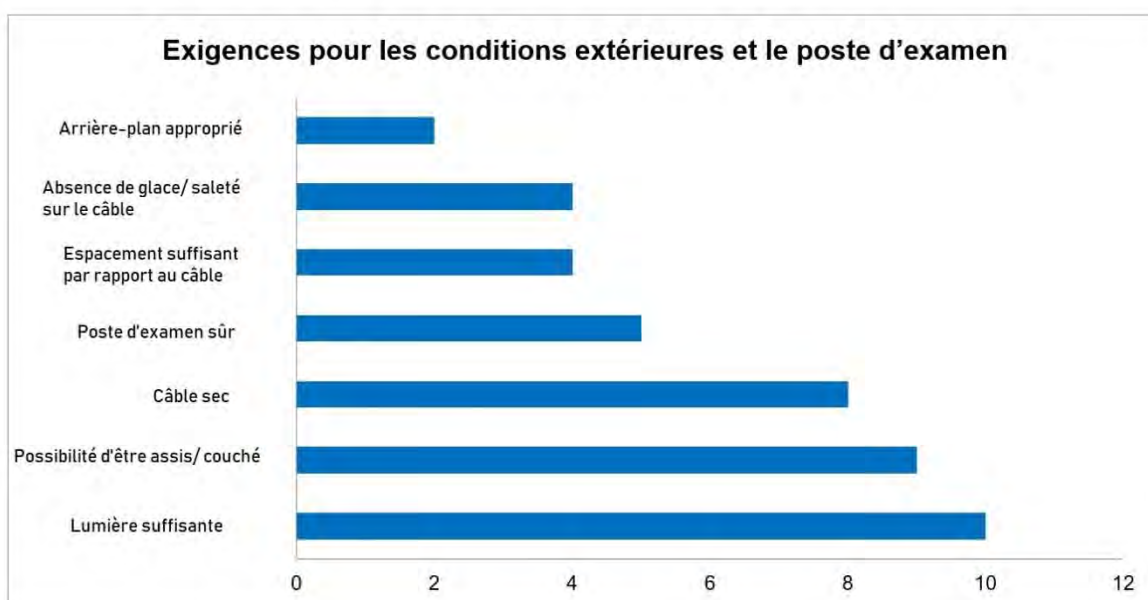
Graphique 5.4 : Qualités importantes lors de l'examen visuel

Les exigences les plus importantes concernant les conditions extérieures et le poste d'examen sont représentées dans le Graphique 5.5. La moitié des participants considèrent qu'avoir suffisamment de lumière est une des exigences les plus importantes.

Les participants ont également dû dire dans le questionnaire si jusqu'ici ils ont plutôt réalisé des examens de jour ou de nuit, et quelle source de lumière était utilisée selon le cas. 13 participants, soit plus de la moitié, ont réalisé des examens de jour. Seul un participant a contrôlé de nuit, à savoir tôt le matin. Les autres n'ont aucune expérience de nuit ou cela

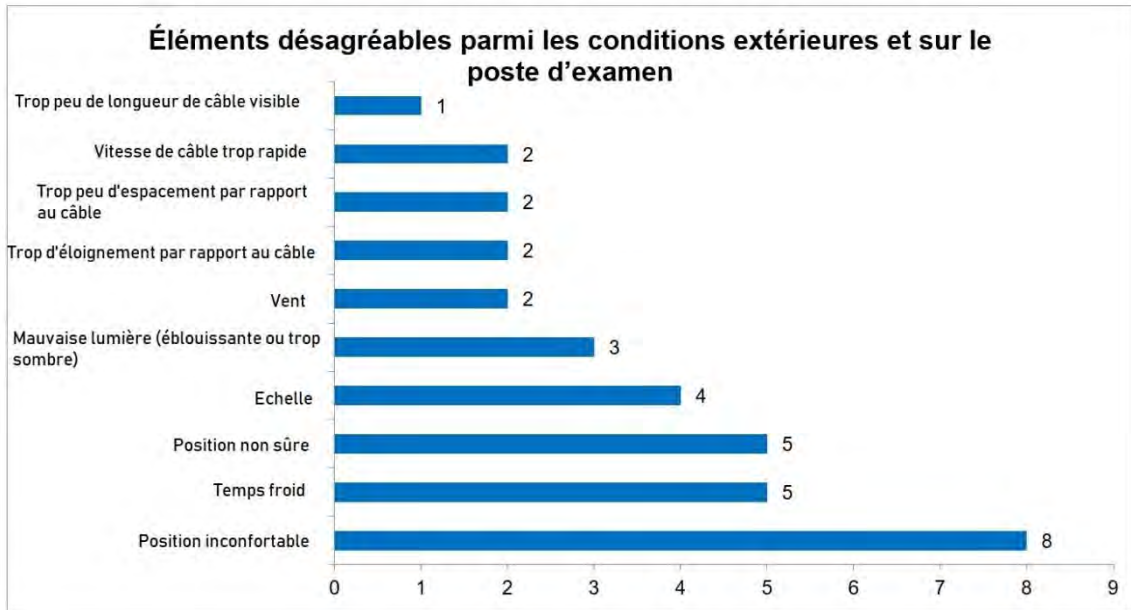
n'est pas précisé. Cela confirme l'exigence d'avoir une bonne lumière lors de l'examen. Même si les participants réalisent les examens à la lumière du jour, certains ont besoin d'une source de lumière supplémentaire. Cela peut être un avantage, notamment pour les stations où le câble n'est pas assez exposé à la lumière naturelle. Une lumière artificielle permet également de maintenir constamment le même éclairage au cours de l'examen.

Avoir une position assise/ couchée (confortable) arrive en deuxième place du classement. Une mauvaise position assise peut faire baisser la capacité de concentration lors de l'examen visuel et provoquer l'oubli de certains dommages sur le câble. Un câble sec arrive en troisième position. La présence de gouttes d'eau sur le câble peut entraîner des reflets qui masquent les dommages. L'eau (ainsi que la saleté/ le gel) sur le câble est un inconvénient supplémentaire pour les yeux et peut provoquer une baisse de la capacité de concentration. Si l'humidité est inévitable lors de l'examen, il est possible d'essuyer le câble ou de le sécher à l'aide d'un ventilateur.



Graphique 5.5 : Exigences pour les conditions extérieures et le poste d'examen

Lors de l'examen visuel, les éléments que les participants trouvent plus particulièrement désagréables parmi les conditions extérieures et sur le poste d'examen sont représentés dans le Graphique 5.6. Les déclarations se recoupent en majorité avec les éléments du Graphique 5.5.



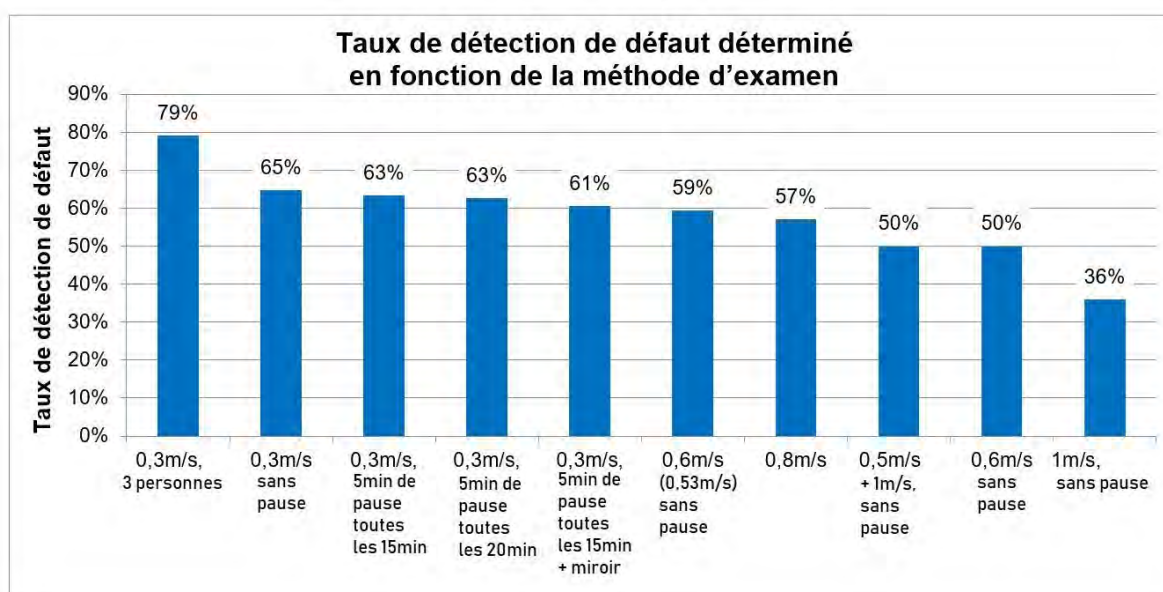
Graphique 5.6 : Éléments particulièrement désagréables parmi les conditions extérieures et sur le poste d'examen

5.2 Détermination du taux de détection de défaut

Pour déterminer le taux de détection de défaut, les rapports d'examen établis par les collaborateurs de l'Institut de manutention mécanique et de logistique (IFT) ont été évalués. Le taux a été déterminé d'une part en fonction de la méthode d'examen, d'autre part en fonction du type de défaut.

5.2.1 Taux de détection de défaut déterminé en fonction de la méthode d'examen

L'analyse a d'abord été faite en fonction de la méthode d'examen. Il s'agissait alors de vérifier si un défaut avait été détecté ou non, sans tenir compte du type de défaut. Le résultat de l'analyse est présenté dans le Graphique 5.7. L'ensemble des taux de détection de défaut sont présentés selon les différentes méthodes d'examen listées au chapitre 4.5. Largement en tête, l'examen réalisé par 3 personnes à 0,3 m/s arrive avec un taux de détection de défaut s'élevant à 79 %. Cela est dû au fait que la troisième personne détecte les défauts situés dans l'angle mort des deux autres personnes. Il est arrivé quelques fois que les rédacteurs de rapports de l'IFT voient des défauts qui se situaient dans l'angle mort des autres participants qui ne les avaient pas vus. Les rédacteurs ont également remarqué que la détection d'un défaut et la discussion qui s'en suivait faisaient souvent oublier un défaut qui arrivait juste après.



Graphique 5.7 : Taux de détection de défaut déterminé en fonction de la méthode d'examen

Il faut remarquer aussi que l'examen réalisé sans pause à 0,3 m/s arrive en deuxième meilleure position juste avant les examens faits avec pauses. Pour une longueur à examiner de seulement 800 m, l'examen à 0,3 m/s dure environ 45 minutes. Même si dans ce cas les pauses n'ont pas eu d'effet positif sur la capacité de concentration, et donc le taux de détection de défaut, les observateurs des participants ont noté clairement que ceux-ci étaient plus agités vers la fin de l'examen car leurs positions assise ou debout devenaient inconfortables. On ne peut donc pas affirmer uniquement que les pauses n'ont pas d'effet

positif sur le taux de détection de défaut, il faut en parallèle toujours tenir compte de la longueur de câble à examiner, de la vitesse, de la durée totale de l'examen et de la capacité de concentration propre à chaque personne chargée de l'examen.

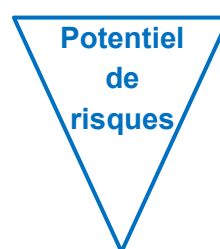
Comme le montre le Graphique 5.7, le taux de détection de défaut en cas de vitesse élevée est significativement moins bon que lorsque la vitesse est plus faible, car la capacité de concentration baisse plus rapidement. Lors de l'examen à 1 m/s, certains participants ont eu des vertiges après seulement quelques minutes, ce qui fait certes baisser le taux de détection de défaut mais présente aussi un risque pour la sécurité.

Le système d'évaluation présenté au chapitre 6 tient compte de la nécessité de faire des pauses sur la base des résultats des tests sur le terrain et de l'expérience des participants au projet.

5.2.2 Taux de détection de défaut déterminé en fonction du type de défaut

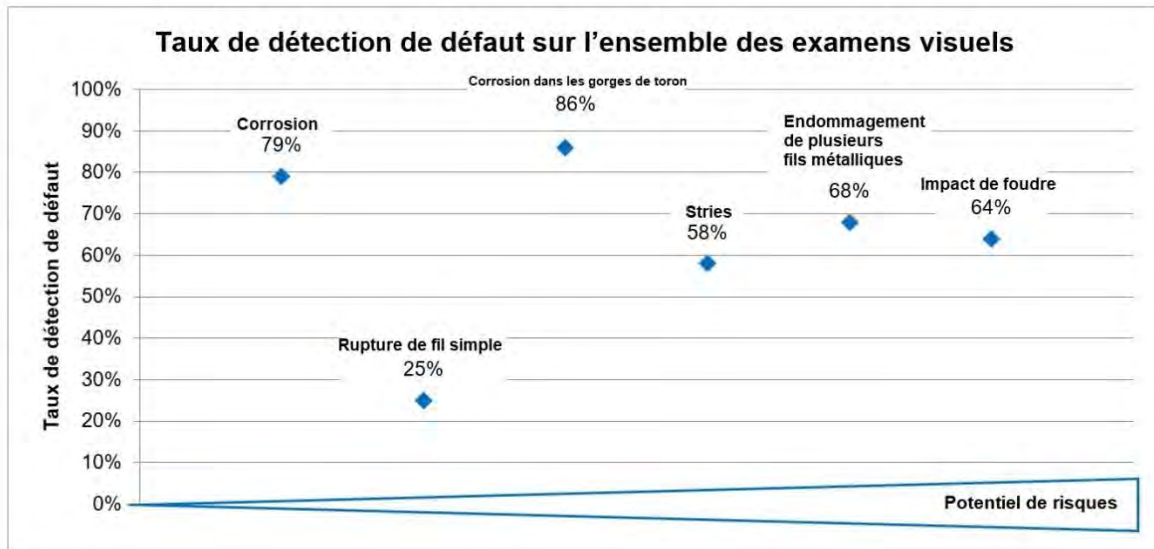
Pour déterminer le taux de détection de défaut en fonction du type de défaut, il convient d'abord de définir les défauts ayant un potentiel de risques élevé et ceux dont le potentiel de risques est faible. Les défauts ayant un potentiel de risques élevé peuvent plus rapidement entraîner le remplacement du câble. Le potentiel de risques est plus ou moins important selon les défauts en présence :

- Impact de foudre
- Endommagement de plusieurs fils métalliques
- Stries
- Corrosion dans les gorges de toron
- Rupture de fil simple
- Corrosion



Le taux de détection de défaut en fonction des différents types de défaut est représenté dans le Graphique 5.8. Celui-ci regroupe l'ensemble des examens réalisés lors des deux tests sur le terrain. Bien qu'un dommage lié à un impact de foudre représente le plus haut potentiel de risques, le taux de détection de ce défaut n'est que de 64 %. De même pour l'endommagement de plusieurs fils métalliques, qui n'est qu'à 68 %. Ces deux défauts apparaissent sous forme d'ombres sombres sur le câble et sont parfois difficilement visibles. C'est notamment le cas lorsque le défaut se situe dans la gorge du toron.

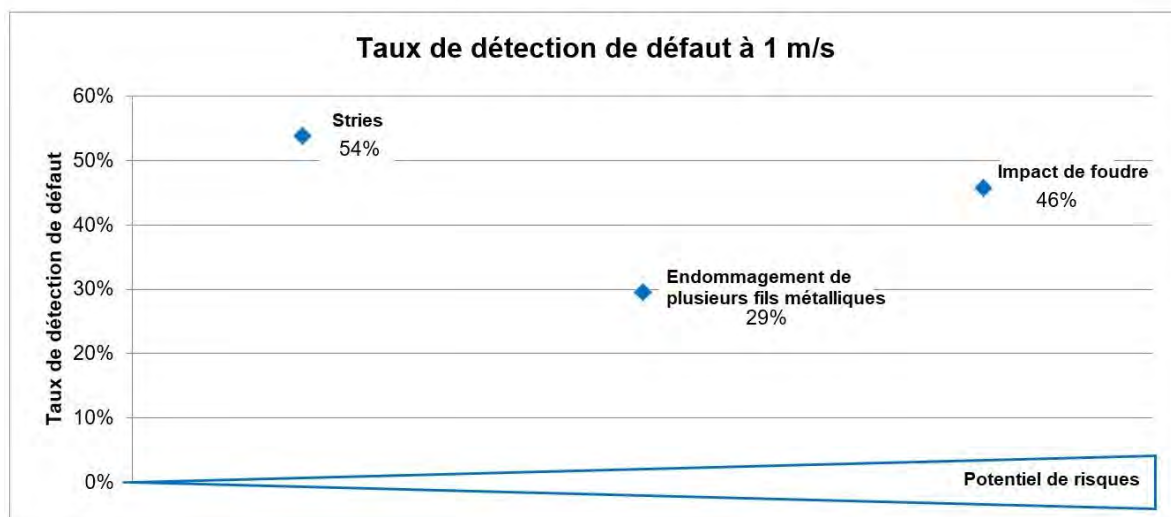
Les défauts de corrosion et de corrosion dans les gorges de toron représentent ensemble un taux de détection de défaut d'env. 80 %. Cela est dû au fait que la corrosion apparaît sous une couleur orange-marron et se distingue donc davantage sur le câble par rapport à un endommagement de plusieurs fils métalliques et à un impact de foudre. Comme on pouvait s'y attendre, les stries et la rupture de fil simple ont le plus faible taux de détection car elles sont très difficilement visibles sur le câble. Il convient de rappeler ici que la détection de ruptures de fil simple n'est pas l'unique objectif de l'examen visuel.



Graphique 5.8 : Taux de détection de défaut déterminé en fonction du type de défaut

Après un événement particulier, comme un orage, un examen extraordinaire appelé examen de type C est réalisé à une vitesse allant jusqu'à 1 m/s (voir chapitre 1).

Le Graphique 5.9 représente le taux de détection de défaut atteint lors des tests sur le terrain faits à une vitesse de 1 m/s. Pour la détection d'impact de foudre, le taux baisse d'env. 20 % pour n'atteindre plus que 46 %. Cela est dû au fait que l'impact de foudre aux reflets métallisés et brillants est difficile à détecter sur le câble lorsque la course du câble est rapide. C'est également le cas pour un endommagement de plusieurs fils métalliques qui apparaît sous forme d'ombres sombres sur le câble. L'oubli de défauts survient surtout lorsque la course du câble est irrégulière.



Graphique 5.9 : Taux de détection de défaut selon le type de défaut à 1 m/s

Comme déjà expliqué, avoir une bonne lumière lors de l'examen est un facteur important. Cela se vérifie aussi dans la détermination du taux de détection de défaut à 0,3 m/s en fonction des différentes stations. Le **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden**

erden. et le Illustration 5.10 le montrent. On distingue une nette différence entre les trois stations du premier test sur le terrain. Cela s'explique par les différents postes d'examen et surtout par la lumière selon les stations.

Sur l'installation de Längenfelder, un toit empêche un ensoleillement direct lors de l'examen. Sur la station amont de l'installation de Hexenkessel, les participants déplorent les pires conditions en matière de lumière. L'entraînement installé dans cette station est par ailleurs bruyant et perturbe la concentration. Cela donne un taux de détection de défaut significativement inférieur à celui de l'installation de Längenfelder. Les améliorations possibles à apporter au poste d'examen et pour la lumière afin d'obtenir un meilleur taux de détection de défaut sont expliquées au chapitre 6 avec le système de points.

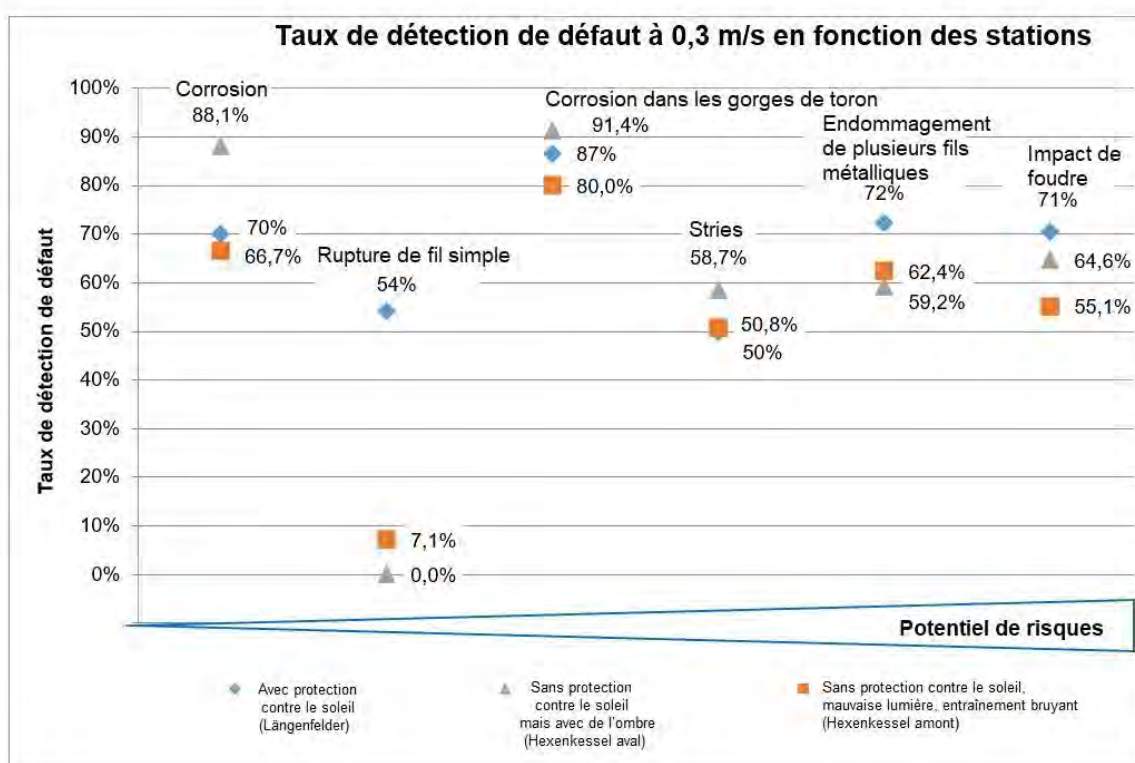
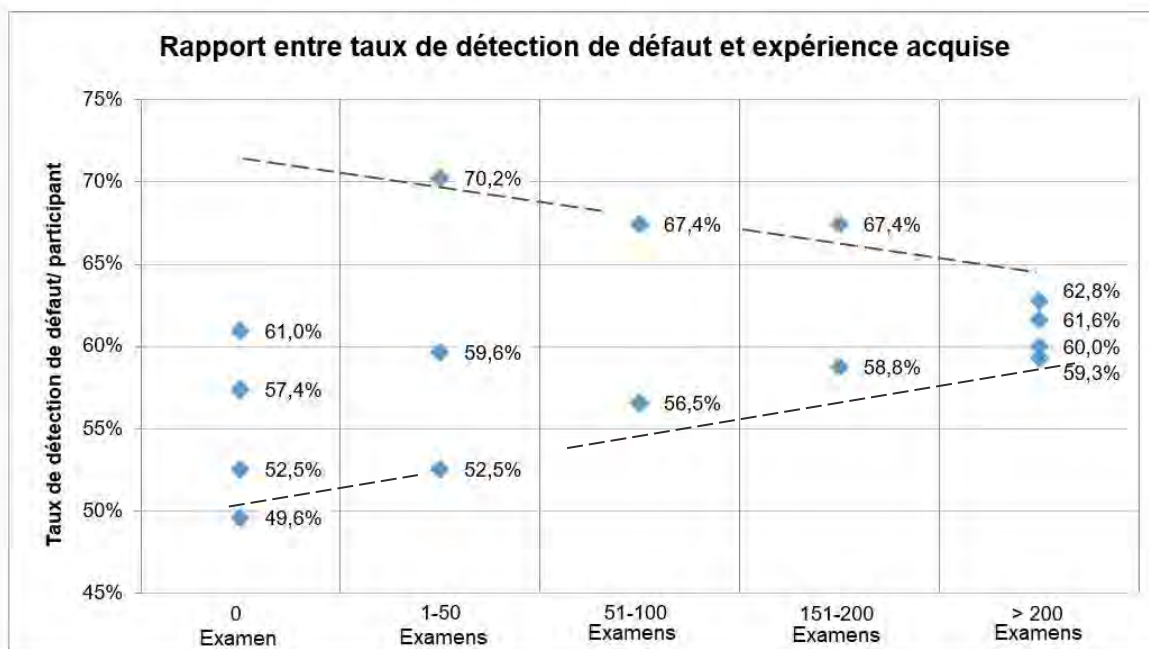


Illustration 5.10 : Taux de détection de défaut à 0,3 m/s en fonction des stations

5.2.3 Rapport entre taux de détection de défaut et expérience acquise

Comme représenté sur l'illustration 5.1, l'expérience acquise jusqu'ici par les participants aux tests sur le terrain couvrait un large spectre, allant de 0 à plus de 200 examens déjà réalisés. Le présent chapitre vise à établir s'il existe un rapport entre l'expérience acquise par les participants et le taux de détection de défaut qu'ils atteignent, c'est-à-dire si des personnes expérimentées détectent davantage de défauts que des personnes inexpérimentées. Les rapports d'examen ont ainsi été analysés. Les collaborateurs de l'Institut de manutention mécanique et de logistique (IFT) y ont en effet noté qui avait détecté les défauts lors de chaque examen. Le résultat est présenté dans le Graphique 5.11. On constate que l'expérience acquise n'est généralement pas un avantage pour atteindre un meilleur taux de détection de défaut. Avoir une connaissance de base des défauts pouvant apparaître sur le câble reste toutefois indispensable. Les nouveaux intervenants doivent donc être

suffisamment formés avant de réaliser leur premier examen. Les défauts qu'un intervenant doit connaître pour réaliser un examen visuel sont également présentés au chapitre suivant dans le système d'évaluation. Il est cependant évident que la précision des exercices répétés augmente avec l'expérience. Les disparités des taux de détection de défaut baissent aussi avec l'expérience.



Graphique 5.11 : Rapport entre taux de détection de défaut et expérience acquise

5.3 Mesure du diamètre et du pas de câble

Au cours de certains tests, les participants ont dû mesurer le pas de câble et le diamètre du câble préalablement à l'examen. La mesure du diamètre permet d'obtenir des informations sur l'état du câble. Le diamètre se réduit entre autres lorsque le câble subit un effort plus important dû à une force de traction ou une flexion [7]. Le diamètre est un indicateur de l'état du câble. S'il se réduit fortement au cours de sa durée de vie, cela peut par exemple entraîner des frottements entre les torons et une usure accrue.

Le diamètre est représenté sur l'illustration 5.12.

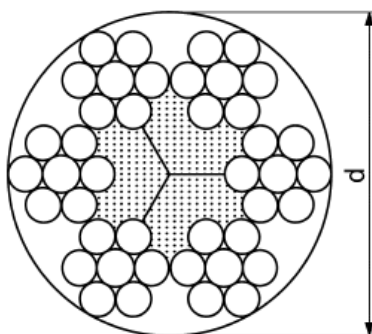


Illustration 5.12 : Diamètre d d'un câble à torons ronds [8]

Il existe plusieurs méthodes pour mesurer correctement le diamètre. Il est important de tenir compte du nombre de torons. Si le nombre est pair, la mesure se fait toujours d'un sommet de toron à l'autre. La mesure correcte est représentée sur l'illustration 5.13, à droite.

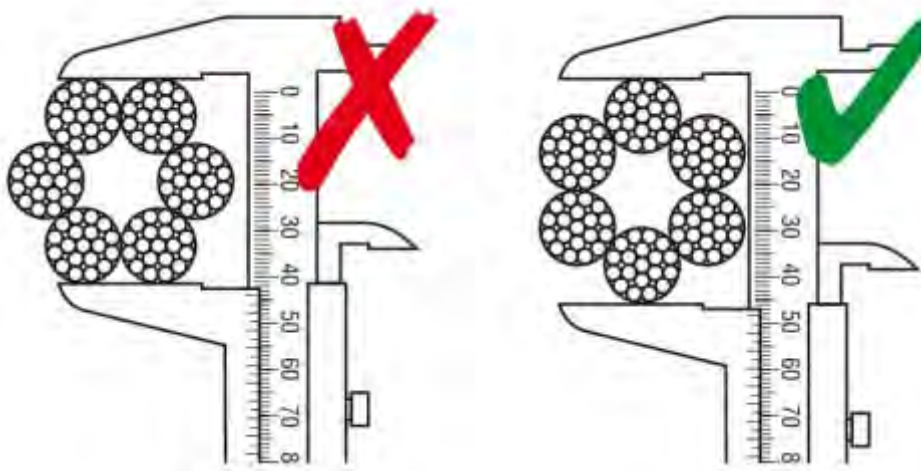


Illustration 5.13 : Mesure de diamètre correcte [9]

Si le nombre de torons est impair, le sommet se retrouve en face d'un creux (voir Illustration 5.14). Dans ce cas le diamètre se mesure avec un pied à coulisse à becs larges.

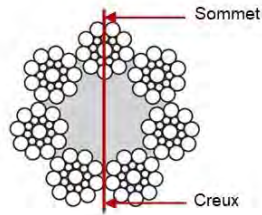
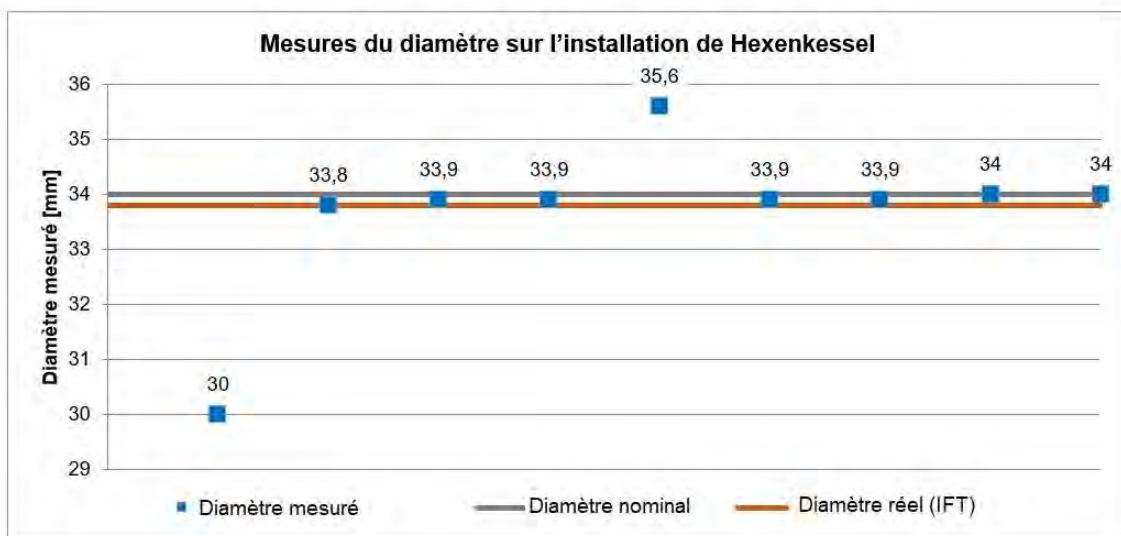


Illustration 5.14 : Vue en coupe d'un câble avec nombre de torons impair

Dès le questionnaire avant examen visuel, les participants devaient décrire comment ils procédaient habituellement pour faire ces deux mesures. Pour la mesure du diamètre, tous les participants ont répondu utiliser un pied à coulisse. Certains ont précisé utiliser un pied à coulisse à bords larges. Cela empêche que la mesure soit faite au niveau des gorges de toron. La moitié des participants ont déclaré procéder à plusieurs mesures (deux à trois) pour en calculer ensuite la moyenne.

Le Graphique 5.15 représente les mesures faites sur l'installation de Hexenkessel. Les participants ont fait eux-mêmes les mesures, sans consignes au préalable. Ils avaient à disposition des pieds à coulisse à bords larges et leurs propres outils de mesure. Le diamètre nominal du câble est de 34 mm. La mesure de référence du diamètre réel a été faite par l'Institut de manutention mécanique et de logistique (IFT).

Deux des mesures n'ont pas été faites correctement puisque les valeurs étaient respectivement trop élevée ou trop basse. Ces mesures peuvent être dues à l'utilisation d'un appareil de mesure numérique qui n'avait pas été remis à zéro ou à une valeur mal notée. Une telle erreur de mesure ou de notation aurait été remarquée et corrigée lors d'un vrai examen. De manière générale, la précision de la mesure du diamètre est correcte à un dixième près.



Graphique 5.15 : Mesures du diamètre sur l'installation de Hexenkessel

Le pas de câble se définit comme « la distance (H) mesurée parallèlement à l'axe du câble sur laquelle soit un fil extérieur de câble en spirale, soit un toron extérieur de câble à torons, soit un faisceau d'aussière effectuée un tour complet (hélice) autour de l'axe du câble » [8] (voir Illustration 5.16).

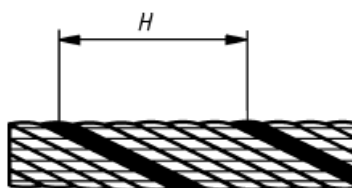


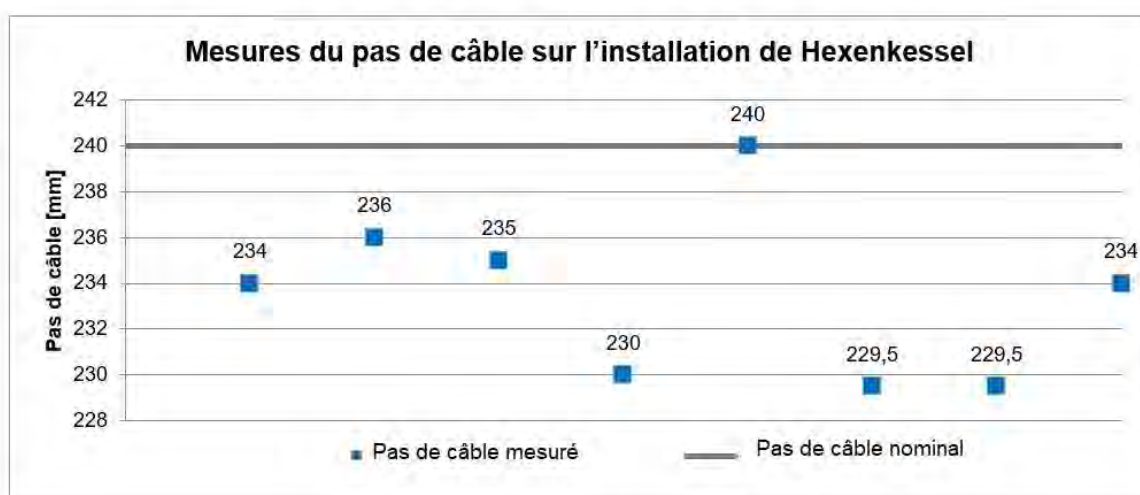
Illustration 5.16 : Pas de câble [8]

Le plus souvent, les participants utilisent un mètre pliant pour mesurer le pas de câble. Celui-ci est posé au niveau d'un toron, on compte ensuite quelques pas de câble, puis on mesure l'espacement. Le résultat est enfin divisé par le nombre de pas de câble comptés. En moyenne, les participants ont compté trois à quatre pas de câble. Deux des participants ont compté dix pas de câble.

Une autre méthode de mesure du pas de câble, qui n'a pas été utilisée par les participants, consiste à appliquer du papier millimétré sur le câble et d'y reproduire la structure du câble en hachurant au crayon. Le pas de câble peut ensuite être mesuré sur le papier.

Les nouveaux dispositifs de mesure du pas de câble pour les câbles à torons et les câbles hélicoïdaux permettent une mesure simple le long de la ligne de surface du câble. [10]

L'analyse des mesures du pas de câble est représentée dans le Graphique 5.17. La mesure nominale du pas de câble est de 240 mm. L'ensemble des participants ont effectué correctement les mesures, même si les résultats varient. Le pas de câble se réduit ou augmente durant la course par des torsions ou des variations de tension dans le câble et n'a pas la même valeur sur toute la longueur du câble. Ici également, la précision de la mesure est correcte à un dixième près.



Graphique 5.17 : Mesures du pas de câble sur l'installation de Hexenkessel

5.4 Examen réalisé à l'aide d'un collant en nylon

Au cours du premier test sur le terrain, certains examens ont été réalisés à l'aide d'un collant en nylon. Les collants en nylon (ou aussi des chiffons) sont utilisés pour détecter les ruptures de fils métalliques sur les câbles puisque les collants se retrouvent pris dans la rupture (voir Photo 5.18 [11]). Cette méthode est surtout employée par les exploitants de téléskis, notamment à des vitesses élevées.



Photo 5.18 : Examen réalisé à l'aide d'un collant en nylon

Pendant le test, le type et le nombre de défauts détectés par les participants à l'aide du collant en nylon n'ont pas été notés. Les participants ont cependant rempli le questionnaire après examen visuel où ils ont pu noter leurs expériences et leur avis personnel. Les résultats sont résumés ci-après.

En tout, onze participants ont réalisé un examen avec un collant en nylon. Parmi eux, neuf l'ont fait à une vitesse élevée de 1 m/s. La détection de défauts pour lesquels les fils ne dépassent pas ou présentant une surface endommagée (stries) diminue significativement si la vitesse augmente (voir aussi chapitre 5.2). Les déclarations des participants le confirment aussi, quand à la question « Quels défauts étaient particulièrement faciles à détecter ? » – à l'exception des défauts où le collant s'est accroché – ils répondent « défauts clairs » ou « défauts colorés ».

Certains participants ont été gênés par l'utilisation du collant durant l'examen et donnent les raisons suivantes :

- Le fait de tenir le collant pendant longtemps est fatiguant
- La position sur l'échelle n'est pas sûre quand il faut tenir le collant en même temps
- Le collant se retrouve pris dans les plus petites entailles et est attiré vers les galets (voir Photo 5.19)
- Le collant doit être tenu de telle façon que la main ne doit pas être tirée avec lui (ne pas l'enrouler autour du bras)

- D'autres défauts sont oubliés quand on est occupé avec le collant



Photo 5.19: Collant coincé sous les galets qui reste pendu au câble

Le collant reste une possibilité pour détecter les défauts de surface comme les ruptures de fils métalliques, les fusions suite à un impact de foudre ou les stries. Toutefois, la personne qui réalise l'examen avec un collant est distraite par celui-ci, et sa concentration est perturbée. Il faut donc absolument veiller à ce que le collant en nylon soit une méthode complémentaire d'examen s'ajoutant à l'examen visuel ordinaire. Il convient également de garantir que l'examen avec un collant en nylon est réalisé à un poste d'examen où la position debout est sûre, et qu'il n'existe qu'une faible probabilité que le collant se retrouve coincé dans les galets ou d'autres composants. Il ne faut pas enrouler le collant autour de son bras ou de sa main puisque si le collant se coince, il peut être attiré vers les galets ou d'autres composants. La Photo 5.20 montre comment bien tenir le collant en nylon.

Il existe aussi la possibilité de fixer le collant à un dispositif au lieu de le tenir à la main (voir Illustration 5.21).



Photo 5.20 : Tenir sûrement un collant en nylon



Illustration 5.21 : Fixation conseillée pour un collant en nylon

5.5 Examen réalisé à l'aide d'un miroir

Miroir de poche

Lors du premier test sur le terrain, des examens ont eu lieu à l'aide d'un petit miroir de poche (voir Photo 5.22). Il s'agissait d'établir si le miroir permet d'augmenter la surface visible du câble et ainsi de détecter davantage de défauts. Le taux de détection de défaut lors de l'examen avec miroir est de presque 61 %, soit légèrement en-dessous de celui atteint sans miroir, avec 63 % (chaque examen réalisé avec 5 minutes de pause toutes les 15 minutes). Le miroir n'a donc apporté aucune amélioration au taux de détection de défaut. Dans leur questionnaire après examen visuel, les participants ont déclaré que le miroir nécessitait de faire un effort supplémentaire, notamment à cause de sa petite taille. Les yeux sont davantage sollicités et se fatiguent plus vite. Le reflet du soleil dans le miroir représentait un problème supplémentaire. Tenir constamment le miroir fatigue aussi rapidement le bras et rend la manipulation incertaine. À cause de sa petite taille, un miroir de poche n'est pas adapté à la réalisation d'un examen visuel.



Photo 5.22 : Examen à l'aide d'un miroir de poche

Miroir sur station modulaire standardisée pour téléphériques monocâbles à mouvement continu

Comme déjà décrit au chapitre 3.3, le second test sur le terrain s'est concentré sur des stations modulaires pour téléphériques monocâbles à mouvement continu sur lesquelles les examens ont eu lieu avec un miroir supplémentaire.

Comme le montre la Photo 5.23, le soleil est avant tout un facteur négatif. À cause du reflet des rayons du soleil, il était au début impossible de réaliser l'examen avec le miroir. Ce n'est qu'après avoir mis une protection contre le soleil provisoire en papier cartonné (voir Photo 5.24) que les examens ont pu être faits.



Photo 5.23 : Soleil éblouissant



Photo 5.24 : Utilisation d'une protection contre le soleil

Le taux de détection de défaut pour les examens réalisés à l'aide du miroir s'élevait en moyenne à 64 % et correspond ainsi aux résultats des examens faits à 0,3 m/s lors du premier test sur le terrain, où le taux s'élevait à env. 65 %.

Au cours des examens, il était parfois difficile pour les participants qui examinaient avec le miroir de distinguer entre la saleté ou la graisse et les défauts qui apparaissaient comme des ombres (par ex. des ruptures de fils métalliques). Le miroir sollicite donc davantage la concentration. Le taux de détection de défaut montre toutefois qu'un miroir, s'il est suffisamment long (= si la longueur de câble visible est suffisante) et bien positionné, est une bonne solution pour réaliser un examen lorsque la place est réduite ; la qualité de cet examen est la même qu'un examen fait sans miroir.

À titre de comparaison, un examen sans miroir a également été réalisé. Pour cela, une personne était installée en dehors de la station, sur le premier pylône, et l'autre procédait à l'examen dans la station. Au cours de cet examen, tous les défauts ont été détectés, soit un taux de détection de défaut de 100 %. Aucun autre test de ce type n'a été fait ensuite, de sorte que ce résultat représente certainement une exception.

En plus des examens faits sur le câble préparé, deux membres de l'équipe du projet ont réalisé un examen sur un câble non préparé qui présentait toutefois de vrais dommages (voir Photo 5.25 :). L'ensemble du câble a été examiné, soit près de 3 km de long. Ici aussi, un miroir supplémentaire a été utilisé sous le câble.



Photo 5.25 : Dommages à détecter lors de l'examen

Les deux participants ont ensuite décrit leur expérience en situation d'examen réelle, comme retranscrit ci-après. Durant l'examen, c'est surtout le bruit de l'entraînement qui était un facteur négatif pour les participants. Des bruits importants en arrière-fond ont une incidence sur la capacité de concentration. Le poste d'examen a été considéré comme suffisamment confortable sur la durée et n'a pas gêné la concentration. Le poste d'examen est représenté sur la Photo 5.26. L'examen a été ponctué d'une pause, de sorte que les participants ont pu brièvement bouger.

L'ensemble des dommages ont été détectés durant l'examen. Les dommages ont été signalés par radio aux machinistes. La radio a également permis de demander des arrêts pour observer certains endroits de plus près. Ce serait un avantage si les participants pouvaient arrêter immédiatement le câble eux-mêmes.



Photo 5.26 : Poste d'examen en situation d'examen réelle

5.6 Influence de la couleur de l'arrière-plan lors de l'examen

Lors d'un examen du second test sur le terrain, plusieurs papiers cartonnés de couleur ont été testés en arrière-plan pour évaluer leur influence sur la visibilité des défauts et la sollicitation des yeux. Le gris, le blanc, le vert foncé, le rouge foncé et le bleu foncé ont été utilisés.

- bleu : agréable, pas agressif pour les yeux
- blanc : aveuglant, mauvaise couleur d'arrière-plan
- vert : agréable
- gris : n'offre pas un bon contraste par rapport au câble
- rouge : possible mais pas très agréable sur la durée

Les couleurs sombres et mates sont donc le mieux adaptées en arrière-plan. Les couleurs vives « aveuglent » l'œil et fatiguent davantage.

En hiver, lorsque l'arrière-plan est couvert de neige et éblouit, les fonds artificiels sont une possibilité pour reposer le regard. Pour les arrière-plans irréguliers aussi, par ex. des panneaux publicitaires, un fond artificiel est une solution pour augmenter la capacité de concentration et focaliser le regard uniquement sur le câble. Le système d'évaluation présenté au chapitre 6 tient compte de l'arrière-plan et propose des solutions pour l'optimiser.

5.7 Examen des câbles porteurs

Lors du second test sur le terrain, le groupe de travail a assisté à une démonstration d'examen visuel des câbles porteurs faite par deux personnes sur le téléphérique de Grünten à Rettenberg.

Pendant la discussion, les participants ont pu poser leurs questions, auxquelles les membres du groupe et les personnes qui avaient fait l'examen ont répondu.

Le téléphérique de Grünten est équipé d'un espace plat où l'on peut s'allonger. Deux personnes peuvent ainsi observer d'en haut les deux câbles porteurs, tandis que les personnes qui observent le câble d'en-dessous sont assises sur des chaises (voir Photo 5.27 et Photo 5.28).



Photo 5.27 : Espace plat pour s'allonger lors de l'examen visuel à Grünten



Photo 5.28 : Examen visuel des câbles porteurs sur le téléphérique de Grünten

Les résultats de la discussion sont résumés au paragraphe suivant.

Pour l'examen des câbles porteurs aussi, la lumière joue un grand rôle. Si le soleil éblouit, aucun dommage ne peut être détecté quand on observe le câble d'en dessous. Un miroir situé sous le câble porteur peut également gêner la vision lorsqu'on observe le câble d'en dessous. Pour cela, une personne peut d'abord examiner le câble directement d'en haut et procéder ensuite à un second examen d'en bas, par-dessus le miroir (ou inversement). Le mauvais temps est également un défi à relever pour l'examen des câbles porteurs. D'une part, le brouillard, la neige ou le vent rendent l'observation difficile et, d'autre part, la neige et l'eau sur le câble compliquent les tests sur le terrain. Il est donc possible d'oublier des dommages que l'on a pu prendre pour des gouttes d'eau ou de la neige.

Lors de l'examen des câbles porteurs, il est difficile voire impossible d'établir une documentation soignée sur le terrain. C'est donc le plus souvent une autre personne (machiniste) qui rédige la documentation par radio.

La sécurité des personnes est un point important lors de l'examen des câbles porteurs. Il faut absolument veiller à garantir un poste d'examen sûr et à ce que les personnes portent un équipement de protection individuelle. Au cours de l'examen, il ne faut pas que des sangles de l'équipement se coincent dans les galets, les pylônes ou des pièces de la cabine. Les nouvelles recrues doivent également être bien informées de la manière de se sécuriser correctement pour garantir le parfait déroulement de l'examen. Si ces points sont scrupuleusement respectés, il n'existe aucun danger pour la sécurité des personnes lors de l'examen.

6 Recommandations d'évaluation pour l'examen visuel

Les résultats des tests sur le terrain et leurs analyses doivent être convertis en un système d'évaluation pour évaluer le poste d'examen lors de l'examen visuel.

Le système d'évaluation permet à l'exploitant d'évaluer chaque poste d'examen à disposition lors d'un examen visuel de type A (0,3 m/s) quant à sa configuration, aux conditions d'examen et à la personne chargée de l'examen, afin d'obtenir un retour sur la qualité de réalisation de l'examen. Un catalogue de critères a ainsi été établi, comportant des facteurs ayant une incidence sur l'examen auxquels correspondent des points que l'on additionne à la fin. On peut atteindre un maximum de 30 points. Les points à évaluer sont notés dans le Tableau 6.1.

Tableau 6.1 : Catalogue de critères du système d'évaluation

N°	Catalogue de critères	Nb de points max.
1	Protection contre les intempéries	1
2	Protection contre le soleil/ anti-éblouissement	4
3	Éclairage	4
4	Arrière-plan	4
5	Possibilité d'assise	2
6	Possibilité de mise hors tension sur le poste d'examen	1
7	Niveau sonore	1
8	Espacement par rapport au câble	2
9	Longueur de câble visible	2
10	Durée de l'examen entre deux pauses, à 0,3 m/s	2
11	État du câble	4
12	Course du câble	2
13	Personnel chargé de l'examen	1
	Total	30

Le résultat de l'évaluation doit ensuite être classé dans l'une des catégories indiquées dans le Tableau 6.2 suivant.

Tableau 6.2 : Catégorie du système d'évaluation

23-30 points Catégorie 1	17-22 points Catégorie 2	Moins de 17 points Catégorie 3
Aucune amélioration nécessaire	Améliorations possibles pour augmenter le taux de détection de défaut	Améliorations recommandées, taux de détection de défaut insuffisant

Si l'évaluation se situe dans la catégorie 1, les conditions d'examen n'ont pas besoin d'être améliorées. Si l'évaluation atteint la catégorie 2, il est possible d'améliorer les conditions d'examen puisque celles-ci ne sont pas encore optimales, et que le taux de détection de

défaut attendu sera en conséquent plus faible que dans la catégorie 1. Si l'évaluation atteint la catégorie 3, il est recommandé d'améliorer les conditions d'examen puisque le taux de détection de défaut attendu n'est pas suffisant pour réaliser un examen réussi. Idéalement, les améliorations porteront sur les facteurs ayant obtenu le plus petit nombre de points. Le système d'évaluation offre à cet effet des informations complémentaires et des recommandations concernant la possible amélioration de la réalisation de l'examen.

Chaque critère est développé ci-après avec une explication et des suggestions d'améliorations.

1) Protection contre les intempéries

0 point non

1 point oui

Disposer d'une protection contre les intempéries comme la pluie ou la neige est notamment utile si les mauvaises conditions météo changent durant l'examen, et que celui-ci peut encore être terminé. Généralement, on ne doit pas réaliser d'examen en cas de forte pluie ou de neige puisque les gouttes de pluie ou la neige sur le câble ont une incidence sur les résultats d'examen.

2) Protection contre le soleil/ anti-éblouissement

0 point non

2 points protection contre le soleil partiellement couvrante, arbres, etc.

4 points réglable manuellement : selon la position du soleil ou protection intégrale contre le soleil (aucun ensoleillement direct)

Une protection contre le soleil et l'éblouissement, par ex. en présence d'une surface réfléchissante (ou encore le reflet du soleil dans un miroir) est quasiment indispensable lors de l'examen. Durant les tests sur le terrain, il s'est avéré qu'un soleil aveuglant, des arrières-plans éblouissants ou un éblouissement par reflet dans un miroir pouvaient avoir une grande incidence sur le taux de détection de défaut ou rendre un examen impossible, puisque le câble n'est plus visible (voir Illustration 6.3). Il est ainsi possible d'attribuer jusqu'à 4 points à ce critère. L'idéal est de disposer d'une protection contre le soleil ajustable en fonction de l'ensoleillement ou d'autres conditions d'éblouissement. Il peut aussi s'agir de moyens de protection simples, comme un parasol (voir Illustration 6.4) ou un papier cartonné (voir Illustration 6.2), que l'on utilise ponctuellement sur l'installation durant l'examen.



Illustration 6.1 : Soleil éblouissant en arrière-plan

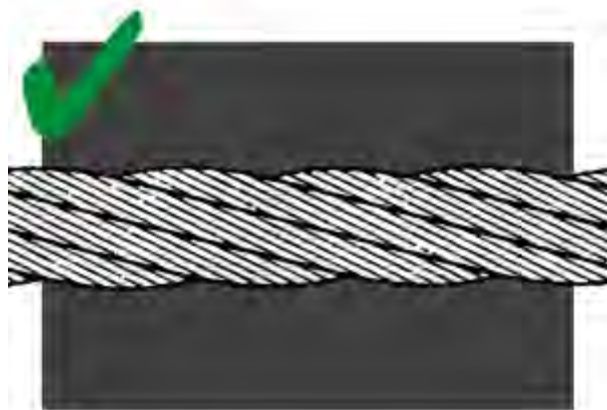


Illustration 6.2 : Soleil éblouissant caché

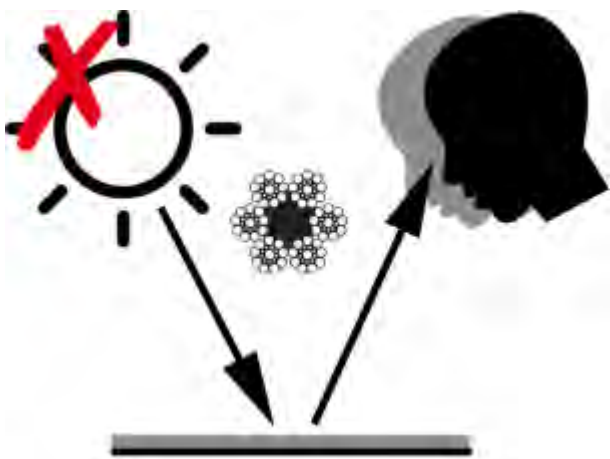


Illustration 6.3 : Soleil éblouissant avec le miroir



Illustration 6.4 : Protection contre le soleil empêchant d'être aveuglé par le miroir

3) Éclairage

0 point	moins de 300 Lux
2 points	300 - 500 Lux
4 points	plus de 500 lux

La lumière est un facteur important pour réaliser correctement un examen. Si le câble n'est pas suffisamment éclairé, ce sont surtout les défauts apparaissant sous forme de petites ombres sombres (comme un impact de foudre) qui sont difficilement détectables. Il s'agit d'un inconvénient supplémentaire pour les yeux, et cela demande une plus grande capacité de concentration. Outre les luxmètres spécifiques, il existe quelques applications disponibles gratuitement qui permettent de mesurer assez précisément l'éclairage, par ex. via la caméra d'un smartphone. Si une source de lumière supplémentaire est utilisée, il faut veiller à l'orienter de sorte qu'elle n'éblouisse pas les personnes chargées de l'examen. Les paliers cités se fondent sur les recommandations de l'Institut fédéral allemand pour la santé et la sécurité au travail (BAuA), plus particulièrement sur les recommandations pour les travaux de montage de précision et l'assurance qualité. [12]

4) Arrière-plan

0 point arrière-plan irrégulier, arrière-plan réfléchissant (par ex. panneaux de publicité, surfaces brillantes) ou face au ciel

2 points arrière-plan régulier clair

4 points arrière-plan régulier sombre

Un arrière-plan irrégulier, comme un panneau publicitaire (voir Illustration 6.5), n'offre pas un bon contraste par rapport au câble lors d'un examen et fait ainsi baisser le taux de détection de défaut. C'est également le cas avec des surfaces réfléchissantes en arrière-plan. Regarder le câble par en-dessous, c'est-à-dire regarder vers le ciel, n'offre pas non plus un bon contraste, et les yeux sont davantage sollicités.

L'idéal est un arrière-plan régulier sombre qui ne gêne pas les yeux et offre un bon contraste par rapport au câble (voir Illustration 6.6). Les tests sur le terrain ont révélé que les couleurs vert foncé, bleu foncé et gris étaient optimales. Il est possible pour cela d'utiliser un papier cartonné à placer derrière le câble (ou aussi sous un miroir).

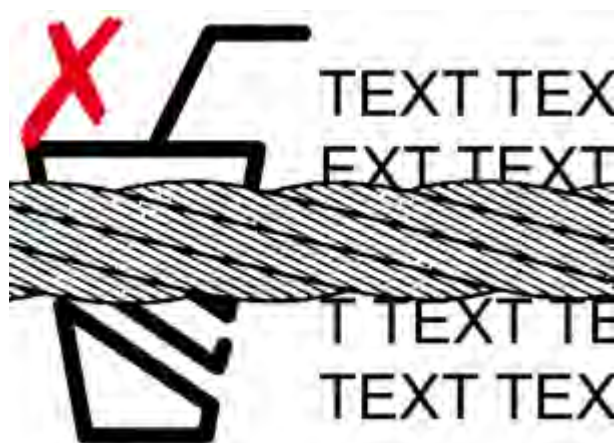


Illustration 6.5 : Panneau publicitaire en arrière-plan

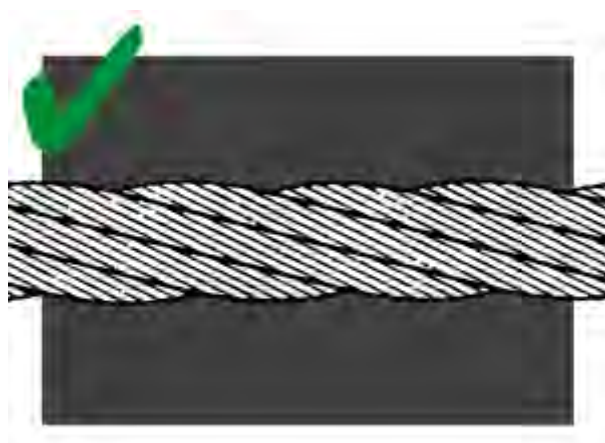


Illustration 6.6 : Arrière-plan idéal

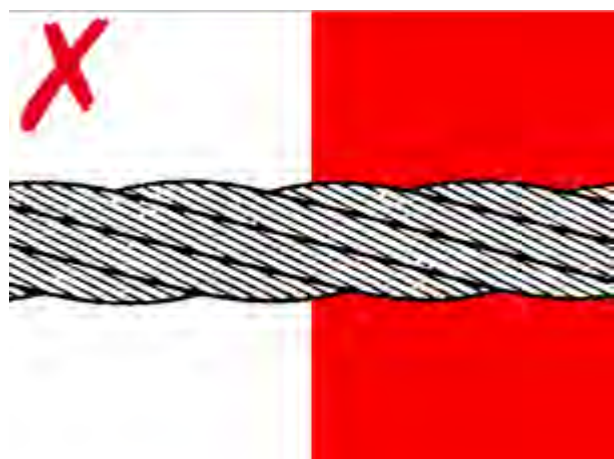


Illustration 6.7 : Couleurs d'arrière-plan non appropriées

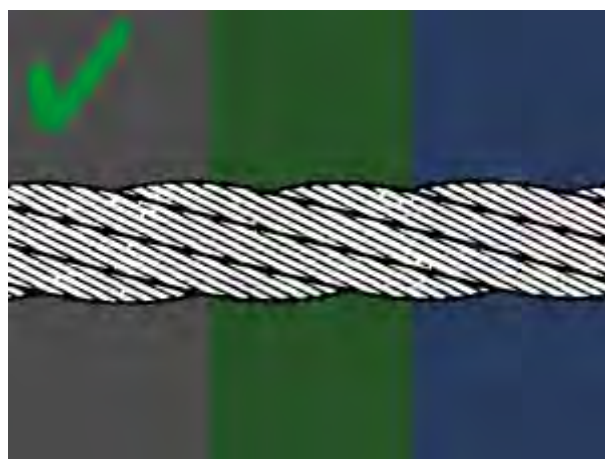


Illustration 6.8 : Couleurs d'arrière-plan idéales

5) Possibilité d'assise/ Posture

0 point pas de possibilité d'assise

1 point position debout confortable

2 points possibilité d'assise (possibilité de s'allonger en cas de câbles porteurs)

Une possibilité d'assise confortable (ou une possibilité de s'allonger de manière confortable pour pouvoir observer d'en haut des câbles porteurs) permet de réaliser un examen en étant concentré, sans être obligé de veiller constamment à sa propre sécurité. Les échelles sont donc à classer dans la catégorie « pas de possibilité d'assise ». Le bon équilibre des échelles doit être garanti durant l'examen. Il est également recommandé de fixer solidement l'échelle dans le sol afin d'éviter tout basculement/ glissement (voir Illustration 6.10).



Illustration 6.9 : Utilisation de l'échelle non recommandée



Illustration 6.10 : Utilisation de l'échelle recommandée

6) Possibilité de mise hors tension sur le poste d'examen

0 point non

1 point oui

Une possibilité de mise hors tension permet d'arrêter immédiatement le câble en cas de détection d'un défaut, pour l'observer de plus près.

7) Niveau sonore

0 point nuisances sonores

1 point silence

Les nuisances sonores, comme un entraînement bruyant ou un moteur de secours, perturbent la capacité de concentration au cours d'un examen.

8) Espacement par rapport au câble

Câbles en mouvement :

« Petit » diamètre de câble < 25 mm

0 point >1,2 m à max. 1,8 m

1 point 0,7 – 1,2 m

2 points < 0,7 m (espacement optimal)

« Grand » diamètre de câble > 25 mm

0 point >1,5 m à max. 2 m

1 point 1,0 – 1,5 m

2 points < 1 m (espacement optimal)

Câbles porteurs :

0 point	>2 m à max. 2,5 m
1 point	1,5 - 2 m
2 points	< 1,5 m (espacement optimal)

L'espacement optimal par rapport au câble dépend du diamètre du câble et de sa conception. L'espacement optimal est atteint lorsque les différents fils métalliques externes sont nettement reconnaissables.



*Photo 6.11 : Mauvais positionnement lors de l'examen du câble porteur.
Un angle du câble d'env. 45 ° n'est pas visible*

Photo 6.12 : Bon positionnement lors de l'examen du câble porteur

9) Longueur de câble visible

0 point	< 1 m
1 point	1 - 2 m
2 points	> 2 m

Avoir une grande longueur de câble visible offre la possibilité de laisser le regard parcourir le câble durant l'examen et, si besoin, de suivre du regard un dommage détecté pour l'identifier plus précisément. Les possibilités d'assise/ de position debout (position couchée en cas de câbles porteurs) doivent si possible permettre la visibilité de la plus grande partie de la longueur du câble. Les miroirs dont la longueur est de moins de 1 m doivent être évalués avec 0 point.

10) Durée de l'examen entre deux pauses, à 0,3 m/s

0 point	plus de 90 min sans pause
1 point	jusqu'à 90 min sans pause
2 points	jusqu'à 45 min

D'après les résultats des tests sur le terrain et la grande expérience des participants au projet, la durée d'examen de 45 minutes maximum suivie d'une pause s'est avérée optimale. Les premiers signes de fatigue peuvent apparaître au-delà de cette durée, mais disparaître après une courte pause.

11) État du câble

- 0 point graisse et saleté par endroit
- 2 points surface moyennement propre
- 4 points surface propre

L'état du câble, c'est-à-dire son degré de propreté, est un facteur très important pour pouvoir réaliser un examen réussi. La norme DIN-EN 12927 dit à ce sujet : « Les câbles et leurs extrémités doivent être nettoyés avant leur examen afin de pouvoir évaluer précisément l'état extérieur du câble. » [13]

Même des traces ponctuelles de saleté et de graisse peuvent avoir une incidence sur l'examen car elles peuvent cacher des dommages. Il faut donc veiller à ce que le moins de saleté possible se trouve sur le câble. Les photos suivantes représentent divers exemples d'états de câble.



Photo 6.13 : Câble sale - examen impossible



Photo 6.14 : Saleté dans les gorges de toron - examen difficile à réaliser



Photo 6.15 : Câble propre

12) Course du câble

0 point course du câble irrégulière

1 point course du câble régulière

Une course de câble irrégulière complique un examen au niveau de la concentration des personnes et fait aussi baisser le taux de détection de défaut. Le poste d'examen doit donc se trouver à un endroit où une course de câble régulière est assurée. Le cas échéant, la vitesse au cours de l'examen doit également être adaptée (dans le respect des critères établis par la norme).

13) Personnel chargé de l'examen

0 point formation/ connaissances sur l'aspect des dommages

1 point personnel expérimenté

Il est recommandé que la personne chargée de réaliser l'examen ait une connaissance des dommages pouvant apparaître sur le câble. Le système d'évaluation prévoit à cet effet des exemples de photos de dommages. Même si le personnel expérimenté n'obtient pas forcément un meilleur taux de détection de défaut (voir chapitre 5.2.3), il peut mieux évaluer les dommages détectés et leurs conséquences et il connaît les dommages déjà présents sur le câble. Les exigences auxquelles doit répondre le personnel chargé de l'examen sont listées ci-après de manière détaillée.

- Une personne chargée de l'examen est considérée comme répondant aux exigences si elle est en bonne condition physique et mentale pour réaliser un contrôle non destructif.

Cela signifie :

- Avoir une bonne vue
- Être très fiable
- Avoir une bonne capacité de concentration sur le long terme
- Avoir une bonne condition physique
- Être motivé
- Avoir une grande conscience de la sécurité
- La personne chargée de l'examen doit être informée de l'objectif de l'examen
 - Reconnaissance des défauts extérieurs (surveillance de l'évolution de l'usure, de la corrosion et des défauts sur la surface)
 - Surveillance des modifications des dimensions localisées
- Avoir une connaissance de base des différents types de câbles en acier et de leurs spécificités est un avantage. Il est ainsi important de s'informer sur le type de câble de chaque installation :
 - Conception du câble/ des torons, structure, mode de câblage, sens de câblage
 - Épissure (nœuds, jointures, embouts d'extrémité)
 - Fixations d'extrémité de câble
- La personne chargée de l'examen doit être équipée de l'ensemble du matériel nécessaire pour réaliser l'examen.

Cela signifie :

- Les outils de mesure (pied à coulisse – idéalement à mâchoires larges, outils de mesure pour pas de câble)
- Matériel de marquage (peinture, ruban adhésif, etc.)
- Matériel de documentation (rapport d'examen)

- Appareil photo
- Des informations sur des défauts de câble connus issues des rapports antérieurs (ou des rapports de contrôles magnéto-inductifs)
- Les types d'endommagements les plus importants qui sont détectés lors des examens doivent être connus. (voir le système d'évaluation en annexe)

7 Rapport d'examen visuel

Outre le fait de réaliser correctement et consciencieusement l'examen visuel, il est aussi important de documenter les résultats obtenus. Il est ainsi possible de faire état de fortes variations de diamètre ou de consigner des mesures de réparation nécessaires. Un rapport d'examen a été conçu à cet effet, contenant par exemple la documentation d'un câble à 6 torons avec une épissure.

Le rapport comprend trois parties. La première partie regroupe les informations générales comme la désignation de l'installation, le type de câble ou les participants/ station. La deuxième détaille les constatations faites à l'issue de l'examen et l'historique du câble.

Il s'agit notamment des éléments suivants :

- Mesure du diamètre et du pas de câble en trois endroits (10 m après la fin de l'épissure ou 10 m avant la cabine n°1, au milieu du câble, 10 m avant le début de l'épissure ou 10 m avant la cabine n°2)
- Mesure des nœuds et des embouts d'extrémité d'épissure
- Constat de ruptures de fils métalliques visibles ou fils détendus dans l'épissure
- Dommages détectés lors de l'examen avec métrage et indication si l'endroit a été marqué et/ou photographié.

La troisième partie du rapport détermine si des mesures de réparation sont nécessaires, et si oui lesquelles. Un délai doit également être indiqué.

Le rapport doit être signé par un responsable (chef d'exploitation, directeur technique,...).

Un modèle de rapport est joint en annexe.

8 Utilisation de dispositifs d'examen visuel

Auteurs : Stefan Messmer, Institut pour la Technologie des Matériaux (IWT AG) ;

Divers exploitants de transports à câbles et utilisateurs de Windspect interrogés sur le sujet

Les dispositifs d'examen visuel (*optical inspection device - OID*) existent depuis près de 10 ans sur le marché et sont autorisés dans certains pays comme support technique dans le domaine des transports à câbles. Outre les exploitants, les prestataires de services chargés des examens visuels utilisent aussi ces appareils dont l'emploi annuel peut parfois dépasser les 100 km de longueur de câble vérifiée.

Les observations qui suivent sont issues des expériences de ces deux groupes d'utilisateurs. À l'initiative du développement de tels dispositifs se trouvent des associations professionnelles, puisque le recours à des outils techniques permet de réduire le nombre de collaborateurs nécessaires et le contact de ceux-ci avec le danger que représente un câble en mouvement. L'état de développement actuel du matériel et des logiciels d'imagerie numérique permet également de rapides processus d'enregistrement, de sorte que le blocage d'une installation est plus court que lors d'un examen visuel conventionnel. De nombreux exploitants considèrent aussi cet outil technique comme un avantage car, contrairement à un examen manuel réalisé par un groupe important de participants, la vérification du câble peut ici être confiée à un petit nombre de collaborateurs expérimentés. L'expérience des collaborateurs augmente à chaque examen, tandis que le temps consacré à celui-ci diminue.

La qualité de l'enregistrement sert les objectifs de l'examen visuel de câble à torons et de câbles hélicoïdaux clos. Même de petits dommages, comme des inclusions dans les fils métalliques ou des rayures, sont visibles par l'œil humain sur l'enregistrement.

L'enregistrement n'égale cependant pas la qualité d'une macrophotographie haute résolution. À l'inverse des macrophotographies, les images obtenues ne peuvent pas être agrandies à souhait. La qualité d'une photo permet toutefois de réaliser un bien meilleur examen visuel que lorsqu'il s'agit de vérifier le câble à l'œil nu à une vitesse de 0,3 m/s. Des déformations peuvent cependant apparaître sur les photos si la course du câble accélère ou prend du retard. Les endroits concernés doivent alors être vérifiés manuellement par la suite.

Examen partiellement automatisé

Un logiciel d'analyse d'images utilise diverses méthodes pour détecter des irrégularités sur une image et peut ensuite établir une liste d'anomalies que l'utilisateur devra catégoriser le plus souvent, comme le fait intuitivement la personne chargée de l'examen visuel sur le terrain.

- **Ruptures de fils métalliques et fils manquants** : La détection de ruptures de fils métalliques et de fils manquants dépend de l'état du câble et de la qualité de la photo (lumière, netteté et reflets éventuels). Si elle est réalisée correctement, elle donne des résultats au moins comparables à ceux d'un examen visuel conventionnel. La fonction panoramique de l'appareil photo peut faire augmenter le taux de détection de défaut par rapport à celui d'un examen réalisé à quatre yeux dans seulement deux directions.

- **Stries et entailles, défauts extérieurs** : De nombreux défauts de ce type ont pu être détectés par un examen visuel partiellement automatisé, alors que l'exploitant et les organismes d'examen des câbles n'en avaient pas connaissance.
- **Impacts de foudre** : En raison de la rareté de cet événement par rapport à des ruptures de fils métalliques classiques, il n'existe pas de chiffres comparatifs fiables. La pratique quotidienne d'un organisme d'examen des câbles a permis de détecter certains impacts de foudre dont l'existence était jusqu'alors inconnue.
- **Fils métalliques tordus, déformations** : Le logiciel signale généralement ces défauts mais, comme pour les impacts de foudre, le manque de données chiffrées ne peut pas confirmer la fiabilité des résultats.

Le logiciel suggère souvent plusieurs endroits que l'utilisateur peut effacer s'il ne s'agit pas de dommages :

- **Touches de couleur et tâches de graisse** : Les nouveaux câbles sont parfois marqués d'une ligne de couleur à leur fabrication, permettant une meilleure observation de la variation du pas de câble lors du montage et de l'exploitation. Mais l'examen automatisé signale parfois des touches de couleur d'origine, allant jusqu'à marquer 6 anomalies par pas de câble. Le même problème se produit avec des tâches de graisse présentes sur le câble.

La surface du câble doit donc être la plus propre possible, comme pour un examen visuel conventionnel.

- **Zones brillantes** : À la lumière, les câbles galvanisés ont tendance à présenter des zones brillantes sur les photos. Même avec une lumière quasiment homogène, cet effet peut rarement être évité. Généralement, les zones brillantes sont signalées comme des anomalies.

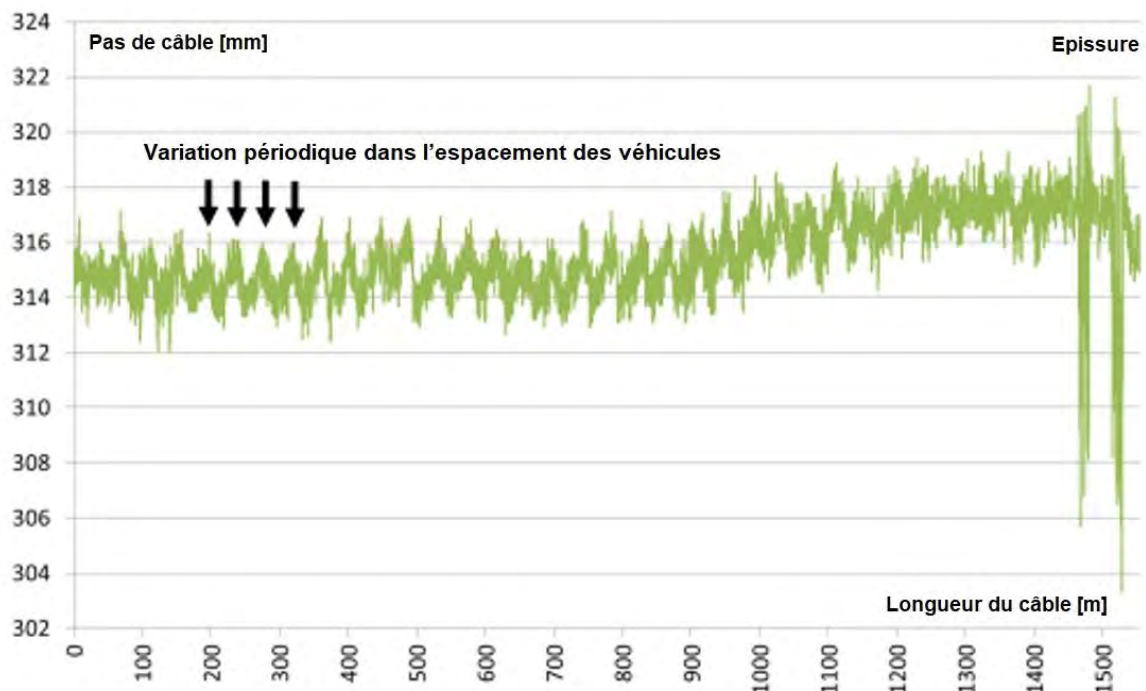
Pour les câbles à torons, le logiciel fournit également un relevé continu du diamètre et du pas de câble sur toute la longueur de câble. Lors d'un examen visuel conventionnel, il n'est pas possible d'obtenir ces informations complètes qui sont très utiles pour la documentation et l'évaluation de l'état du câble. Les éléments suivants peuvent par exemple être détectés :

Pas de câble :

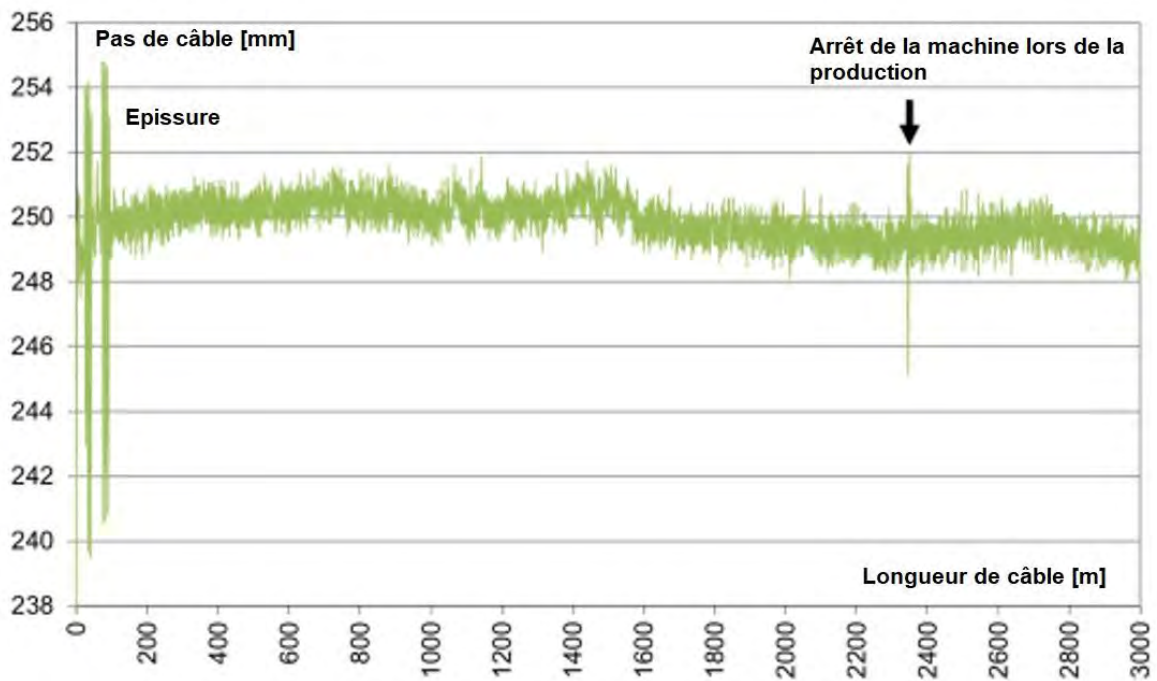
- Torsion excessive à l'extrémité du câble
- Torsion entre véhicules en cas de stations insuffisamment alignées (voir Graphique 8.1)
- Événements de production (par ex. arrêt de la toronneuse, voir Graphique 8.2)

Diamètre :

- Usure localisée de l'âme du câble
- Frottement et déformation transversale, particulièrement en présence d'installation à treuil
- Longueur de l'épissure et plages de diamètre dans l'épissure



Graphique 8.1 : Torsion sur un téléphérique monocâble débrayable à mouvement continu avec station insuffisamment alignée - le pas de câble présente une variation périodique dans l'espace des véhicules



Graphique 8.2 : Arrêt de la machine lors de la production du câble sur un téléphérique monocâble débrayable à mouvement continu

Les dispositifs d'examen visuel des câbles permettent de dépasser les limites principales du contrôle magnéto-inductif concernant la détection des défauts de surface et contribuent à améliorer significativement le contrôle des câbles. Ils offrent par ailleurs l'avantage de faire des mesures et de documenter des endroits où les défauts sont évidents, pour que ceux-ci soient mieux localisés par la suite.

Le Tableau 8.1 présente les avantages et les inconvénients d'un dispositif d'examen visuel par rapport à un examen manuel, ainsi que leurs points communs.

Tableau 8.1 : Comparaison entre l'examen manuel et le dispositif d'examen visuel

Inconvénients par rapport à l'examen manuel	Points communs avec l'examen manuel	Avantages par rapport à l'examen manuel
<ul style="list-style-type: none"> • L'évaluation sur le terrain a lieu en différé, le contrôle manuel sur l'installation n'est possible qu'après les résultats donnés par le dispositif • Perte des informations en couleur avec les photos en noir et blanc • Pas de contact manuel avec le câble • Potentiellement pas d'avis qualitatifs (par ex. sur l'état du lubrifiant) • Coût d'acquisition 	<ul style="list-style-type: none"> • Détection des dommages classiques comme la rupture de fils métalliques, l'impact de foudre, les déformations et les stries • Taux de détection de défaut semblables • Mêmes limites physiques de visibilité (angle de vue, reflets, saleté/ gel, ...) • La qualité de contrôle dépend des vibrations, reflets et intempéries • Pour les vérifications ultérieures, il faut commencer à un point défini (par ex. l'épissure) 	<ul style="list-style-type: none"> • Moins de dépendance au « facteur humain » • Besoin en personnel réduit • Gain de temps par rapport à la disponibilité de l'installation • Documentation • Possibilité d'enregistrement de l'évolution du diamètre et du pas de câble permettant de détecter à temps d'éventuels dangers liés à des écarts localisés • Meilleures conditions de sécurité au travail

9 Conclusion

La présente Recommandation issue du projet d'amélioration de l'examen visuel des câbles s'est appuyée en premier lieu sur l'état actuel de la technique, en laissant une large place à l'environnement de travail. Les conditions sur le poste d'examen dépendent du modèle de l'installation et du type de câble. La nécessité de réaliser l'examen visuel a été présentée au travers d'exemples qui ont montré les dangers et les conséquences que des défauts extérieurs pouvaient provoquer.

Pour la réalisation des tests sur le terrain visant à établir la fiabilité de l'examen visuel, les défauts qui conduisent le plus souvent au remplacement du câble ont été reproduits de manière artificielle. Les défauts comme l'impact de foudre, l'endommagement de plusieurs fils métalliques, les stries, la corrosion, la corrosion dans les gorges de toron et la rupture de fil simple ont ainsi été reconstitués graphiquement, et leur reproduction a été optimisée par des tests systématiques à l'IFT.

Lors du premier test sur le terrain auquel vingt personnes ont participé, différentes configurations de poste de travail et diverses méthodes de réalisation de l'examen ont été utilisées. L'examen a alors été fait avec ou sans pause, avec ou sans équipement auxiliaire et à différentes vitesses sur des stations ouvertes équipées de télésièges à pinces fixes. Pendant le test, les participants ont pu faire part de leurs expériences faites jusqu'ici et procéder à une auto-évaluation dans des questionnaires. Le second test sur le terrain, auquel les membres de l'équipe du projet ont participé, portait en particulier sur les stations modulaires standardisées pour téléphériques monocâbles à mouvement continu et l'examen visuel de câbles porteurs.

Les tests sur le terrain réalisés avec les défauts reproduits ont permis pour la première fois de déterminer des taux de détection de défaut.

On peut ainsi établir clairement que la vitesse, entre autres, a une grande incidence sur le taux de détection de défaut. À une vitesse de 1 m/s, ce sont près de 30 % de défauts en moins qui sont détectés par rapport à une vitesse de 0,3 m/s.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, l'expérience des personnes chargées de l'examen visuel n'a pas une grande influence sur le taux de détection de défaut. Les participants qui ont déjà réalisé plus de 200 examens atteignent le même taux de détection de défaut que ceux n'ayant aucune expérience. Toutefois, la répétitivité précise est meilleure chez les personnes disposant de plus d'expérience, et leur taux de détection de défaut est élevé et constant. Une formation est par ailleurs nécessaire avant de réaliser un premier examen, de sorte à garantir une connaissance de base.

La lumière ainsi que l'arrière-plan lors de l'examen ont une grande incidence sur le taux de détection de défaut. Avec un soleil éblouissant ou lors d'un examen où le regard est tourné vers le ciel, il est fréquent de ne pas détecter les défauts n'offrant pas un vrai contraste avec le câble, par exemple un impact de foudre ou un endommagement de plusieurs fils métalliques. Un arrière-plan irrégulier, comme un panneau publicitaire, ne contraste pas non plus avec le câble, ce qui distrait l'attention de la personne chargée de l'examen visuel. Dans ce cas, pour faciliter l'examen, il est possible de placer un fond de couleur derrière le câble. Les

tests ont prouvé que les couleurs foncées, comme le vert foncé, le gris ou le bleu foncé, sont particulièrement appropriées. Les couleurs vives, comme le blanc ou le rouge, ne sont pas adaptées.

Lors de l'examen des câbles porteurs, la lumière a aussi une grande incidence sur la possibilité de détection de défauts. Si l'examen doit être réalisé dans des conditions spéciales, par exemple sur la cabine, sur le chariot ou sur des dispositifs d'assise ponctuels, le port d'un équipement de protection individuelle est nécessaire, de même qu'une formation préalable.

L'examen sur une station modulaire pour téléphérique monocâble à mouvement continu s'effectue à l'aide d'un miroir placé sous le câble afin de pouvoir observer le dessous de celui-ci. Avec le miroir aussi, la lumière joue un rôle très important pour atteindre un résultat optimal. Si le miroir est assez long et qu'il dispose d'une lumière suffisante sans pour autant éblouir, il s'agit d'une bonne solution pour réaliser un examen des câbles porteurs ou en cas d'espace réduit au sein d'une station.

Certains exploitants utilisent des collants en nylon pour détecter les défauts extérieurs des fils métalliques. L'évaluation du questionnaire après examen visuel a montré que cette méthode ne devrait être utilisée qu'en complément de l'examen visuel ordinaire, puisque le collant permet seulement de détecter les défauts dans lesquels celui-ci se retrouve coincé. Le collant représente par ailleurs un danger pour la sécurité du personnel et devrait si possible ne pas être tenu à la main. Il est conseillé d'installer un dispositif de fixation pour le collant ou d'attacher celui-ci à un élément existant de l'installation.

Documenter les résultats de l'examen pendant et après avoir réalisé celui-ci est une étape aussi essentielle que la réalisation correcte de l'examen. À cette fin, un modèle de rapport d'examen contenant les informations importantes de l'examen a été conçu.

Il regroupe les informations générales, les mesures du diamètre, du pas de câble et de l'épissure, l'historique du câble ainsi que les constats issus de l'examen et les mesures de réparation nécessaires.

Ce projet sur l'amélioration de l'examen visuel des câbles livre pour la première fois des analyses et des taux au sujet de l'incidence de certains facteurs (configuration du poste d'examen, lumière) sur les résultats de l'examen. Un système d'évaluation a été développé sur la base des résultats obtenus, permettant aux exploitants d'évaluer leurs postes d'examen en fonction de divers éléments et d'apporter des améliorations, le cas échéant.

Le système d'évaluation traite notamment les éléments suivants : protection contre les intempéries, lumière, arrière-plan, longueur de câble visible, durée de l'examen ou encore personnel chargé de l'examen. Ces éléments à évaluer peuvent atteindre un nombre maximum de 30 points. Le résultat obtenu correspond à l'une des trois catégories déterminant s'il est nécessaire ou non d'améliorer le poste d'examen en question. Le système d'évaluation comprend également des illustrations qui servent de recommandations pour la propreté du câble et les connaissances fondamentales dont le personnel chargé de

l'examen doit disposer. Les graphiques et informations communiqués permettent à l'exploitant d'évaluer plus simplement le poste d'examen pour l'améliorer en conséquence.

10 Bibliographie

- [1] prEN 12927 - Rév. 2016-06-17, *Prescriptions de sécurité des installations à câbles transportant des personnes - Câbles - Partie 13.3.6.*
- [2] e. a. S. Pernot, *Contrôles magnéto-inductifs des câbles*, Grenoble, avr. 2008.
- [3] O.I.T.A.F. - Commission d'Etude n° II, *Cahier 3 - Vue globale sur les contrôles magnéto-inductifs des câbles d'acier (édition 2015)*, Bolzano : Organisation Internationale des Transports à Câbles.
- [4] Georg A. Kopanakis, *Über die visuelle Inspektion von Seilbahnseilen* (article sur l'examen visuel des câbles), *Revue Internationale des téléphériques*, 01/2007.
- [5] Dr. Stefan Messmer, *Seilprüfung heute* (« L'examen des câbles aujourd'hui »), Wallisellen, 2008.
- [6] K. Walter, *Schlussbericht über den Schaden am Tragseil "B" der Luftseilbahn Mürren-Birg* (« Rapport final sur le dommage causé sur le câble porteur « B » du téléphérique de Mürren-Birg »), disponible en allemand sur le lien suivant : <https://www2.sust.admin.ch/pdfs/BS/pdf/4020390.pdf> (01/03/2019).
- [7] Klaus Feyrer, *Drahtseile: Bemessung, Betrieb, Sicherheit* (« Câbles : évaluation, exploitation, sécurité »), 2^{ème} édition, Berlin : Springer, 2000.
- [8] *DIN EN 12385-2:2003-04, Câbles en acier – Sécurité – Partie 2 : Définitions, désignation et classification.*
- [9] Pfeifer Seil- und Hebeteknik GmbH, Brochure sur les dispositifs de mesure des câbles, disponible en allemand sur le lien suivant : http://www.pfeifer.de/fileadmin/user_upload/DE_doc/seiltechnik/Download/kundeninfo/Prospekt_Seilmessmittel_PFEIFER_dt.pdf (01/03/2019).
- [10] Seilbahnen International Magazin, *Neues Schlaglängenmessgerät für Litzen- und Spiralseile*, (article sur les nouveaux dispositifs de mesure du pas de câble pour les câbles à torons et les câbles hélicoïdaux, paru dans le magazine international sur les téléphériques, p. 30), disponible en allemand sur le lien suivant : <http://fliphtml5.com/oexr/lbdr/basic>
- [11] A. H. Peyerl, Internationale Berg- und Seilbahn-Rundschau, *Seilkontrolle durch Augenschein* (article sur le contrôle des câbles par examen visuel paru dans la revue internationale des remontées mécaniques, p. 50), 1968.
- [12] Institut fédéral allemand pour la santé et la sécurité au travail (BAuA), *Technische Regeln für Arbeitsstätten - ASR 3.4 Beleuchtung* (« Recommandations techniques sur les lieux de travail », point 4 - Eclairage), disponible en allemand sur le lien suivant : http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/pdf/ASR-A3-4.pdf?__blob=publicationFile (01/03/2019).
- [13] *DIN EN 12927-7:2005-06, Prescriptions de sécurité des installations à câbles transportant des personnes - Câbles - Partie 7 : Contrôle, réparation et entretien.*

Annexes

Questionnaire avant examen visuel

Numéro de participant : _____

Questions générales

Vous sentez-vous en forme et bien reposé aujourd'hui ?

Oui Non

Avez-vous une correction visuelle ?

Oui Non

Dioptries : _____

Examen visuel du câble

Approximativement : Combien d'examens visuels avez-vous déjà réalisés ? _____

Combien d'examens visuels réalisez-vous (en moyenne) chaque année ? _____

Approximativement : Combien de kilomètres de câble examinez-vous visuellement chaque année ?
(à 10 km près) _____

Réalisation des précédents examens visuels :

- Réalisez-vous les examens de jour ou de nuit ? _____

- De nuit : Quel dispositif d'éclairage utilisez-vous ? _____

- Examinez-vous le câble en une seule fois ou y a-t-il des pauses ? _____

- En cas de pauses : Quelle est la fréquence/ la durée des pauses ? _____

- Combien de personnes examinent le câble ? Si besoin, différenciez les types de câbles.
(Câble porteur, câble tracteur, câble porteur-tracteur)

Mesures

Décrivez comment vous mesurez le diamètre du câble.

Décrivez comment vous mesurez le pas du câble.

Quelles difficultés rencontrez-vous lors des mesures du diamètre et du pas de câble ?
Décrivez les méthodes de mesure et donnez des exemples d'erreurs de mesures qui en résultent.

Équipements auxiliaires

Utilisez-vous un équipement auxiliaire comme un collant en nylon, des chiffons, etc. ?

Oui Non

Si oui, lesquels ?

Que pensez-vous de la méthode consistant à n'utiliser que des équipements auxiliaires pour l'examen ?
(C'est ainsi que certains exploitants d'installations réalisent par exemple l'examen visuel)
Pensez-vous que tous les endroits endommagés peuvent être détectés ainsi ?

Utilisez-vous un miroir pour le contrôle du câble porteur ?

Oui

Non

Si oui, quel type de miroir ? (Miroir de poche, miroir allongé, etc.)

Auto-évaluation

Quel degré d'exigence vous imposez-vous ?

Quel taux de détection de défaut pensez-vous atteindre ?

75 - 100 %

50 - 75 %

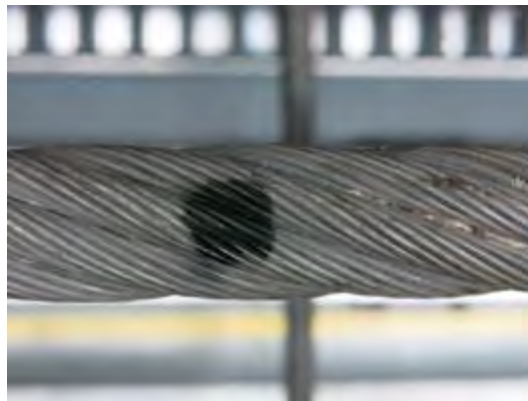
25 - 50 %

0 - 25 %

Jusqu'à quelle taille minimum allez-vous détecter un défaut ?



Corrosion dans des gorges de toron



1,5 x diamètre du toron



1 x diamètre du toron



0,5 x diamètre du toron



Stries

Quels dommages sont à votre avis les plus importants et doivent absolument être détectés ?

Quelles sont selon vous les qualités les plus importantes pour une personne qui examine les câbles et les meilleures conditions de travail ?

(Qu'attendez-vous de cette personne, quelles seraient les conditions idéales,...)

Conditions de travail : Que trouvez-vous particulièrement désagréable ? (Par ex. travailler sur une échelle,...)

Parlez également de l'examen du câble porteur !

Qu'est-ce qui vous dérange concernant la situation actuelle de l'examen visuel du câble ?
Qu'est-ce qui devrait changer et être pris en compte dans les normes ?

Si vous pouviez choisir comment réaliser l'examen visuel de type A ou C :
Comment le réaliseriez-vous ? Différenciez les types de câbles : câble porteur, câble tracteur, câble porteur-tracteur)

Au cours des examens visuels que vous avez réalisés, avez-vous déjà rencontré des situations particulières, positives ou négatives ?

Par ex. : Omission d'anomalies évidentes, de dommages visibles et sérieux

Pourriez-vous décrire brièvement la situation de manière anonyme ? (type d'installation, type de câble, dommage,...)

Questionnaire après examen visuel

Numéro
de participant : _____

Installation

Sur quelle installation l'examen a-t-il été réalisé ?
Hexenkessel amont Längenfelder
Hexenkessel aval

Pas de câble : _____ Diamètre du
câble : _____

Décrivez l'état du câble (état d'entretien, ancienneté, graissage, etc.)

Examen général

Le câble a été examiné en une seule fois ? Oui Non

Avez-vous l'impression d'avoir détecté tous les défauts ? Oui Non

À quelle fréquence (environ) avez-vous demandé un arrêt ? _____

Quels défauts étaient particulièrement **faciles** à détecter ?

Quels défauts étaient particulièrement **difficiles** à détecter ?

Avez-vous eu des difficultés de concentration ?
Si oui, quand ont-elles commencé (environ) ?

Oui

Non

Vous êtes-vous senti distrait ?

Oui

Non

Si oui, qu'est-ce qui a distrait
votre attention ?

Dans quelle mesure avez-vous discuté avec l'autre personne
chargée de l'examen ?

Tout le temps

Souvent

Rarement

Pas du tout

À quelle fréquence avez-vous détourné le regard du câble ?
(pour reposer votre vue)

Chaque minute

Toutes les
1 à 5 min

Moins de 5 min

Je ne sais pas

Avez-vous d'autres astuces pour reposer votre vue et augmenter votre capacité de concentration ?

Examen avec pause

Combien de pauses avez-vous fait ?

Combien de temps ont-elles duré ?

Avez-vous eu l'impression que ces pauses ont contribué à améliorer votre capacité de concentration ?

Oui Non

Conditions d'examen

Votre poste d'examen était-il confortable ?

Oui Non

Si ce n'était pas le cas, qu'est-ce qui pourrait être amélioré ?

Décrivez comment vous vous êtes positionné par rapport au câble.

- Assis ou debout ?
- Visibilité sur le câble : d'en haut, d'en bas, sur le côté ?
- Distance par rapport au câble ?

L'éclairage était-il suffisant selon vous ?

Oui Non

Les conditions extérieures vous ont-elles dérangé ?
(Par exemple les reflets du soleil, etc.)

Oui Non

Si oui, lesquelles ?

Avez-vous utilisé des équipements auxiliaires ?
(collant en nylon, chiffons,...)

Oui Non

Si oui, lesquels ? _____

Étaient-ils utiles selon vous ? Argumentez votre réponse.

Critiques - positives ou négatives concernant la réalisation de l'examen

Rapport d'examen visuel

pour câbles à 6 torons avec épissure

Page : /

Lieu :		Date :												
Installation :														
Câble :														
Participants/ station :														
Conditions météo :		Température :	°C											
Données du câble [mm]														
∅ nominal :		Pas de câble nominal :												
	Position 1¹	Position 2²	Position 3³											
∅ _{max}														
∅ _{min}														
∅														
Pas de câble :														
Épissure	E1	K1	E1'2	K2	E2'3	K3	E3'4	K4	E4'5	K5	E5'6	K6	E6'	
∅ _{max} [mm]														
∅ _{min} [mm]														
Ruptures de fils métalliques visibles														
Fils métalliques détendus														
Remarques														
Remarques / historique du câble :														
Réparations du câble (quoi, quand ?)														
Divers														
Résultats de l'examen : (Dommages détectés avec métrage, défaut marqué/ photographié,...)											Point de référence/ de départ :			
Mesures de maintenance/ réparation (merci de cocher)														
	Mesures nécessaires (indiquer le délai ci-dessous)										Aucune mesure nécessaire			

¹ 10 m après la fin de l'épissure ou 10 m avant la cabine n°1

² au milieu du câble

³ 10 m avant le début de l'épissure ou 10 m avant la cabine n°2

Prénom, nom du responsable :	
Date, signature du responsable :	

Lieu :		Date :	
Installation :			
Câble :		Poste d'examen :	
Évalué par :			

Catalogue de critères				Points atteints
Protection contre les intempéries				
1	0	Non		
	1	Oui		
Protection contre le soleil/ anti-éblouissement				
4	0	Non		
	2	Protection contre le soleil, partiellement couvrante, arbres, etc.		
	4	Réglable manuellement - selon la position du soleil <u>ou</u> protection intégrale contre le soleil (aucun ensoleillement direct)		
Éclairage				
4	0	moins de 300 lux		
	2	300 - 500 lux		
	4	plus de 500 lux		
Arrière-plan				
4	0	Arrière-plan irrégulier, arrière-plan réfléchissant (par ex. panneaux de publicité, surfaces brillantes) ou face au ciel		
	2	Arrière-plan régulier clair		
	4	Arrière-plan régulier sombre		
Possibilité d'assise				
2	0	Aucune		
	1	Position debout confortable		
	2	Possibilité d'assise		
Possibilité de mise hors tension sur le poste d'examen				
1	0	Non		
	1	Oui		
Niveau sonore				
1	0	Nuisances sonores		
	1	Silence		
Espacement par rapport au câble				
2		Diamètre de câble > 25 mm	Diamètre de câble < 25 mm	
	0	> 1,5 m à max. 2 m	> 1,2 m à max. 1,8 m	
	1	1,0 – 1,5 m	0,7 – 1,2 m	
	2	< 1 m (espacement optimal)	< 0,7 m (espacement optimal)	
Longueur de câble visible				
2	0	< 1 m		
	1	1 – 2 m		
	2	> 2 m		
Durée de l'examen jusqu'à une pause à 0,3 m/s				
2	0	Plus de 90 min sans pause		
	1	Jusqu'à 90 min sans pause		
	2	Jusqu'à 45 min		
État du câble				
4	0	Graisse et saleté par endroit		
	2	Surface moyennement propre		
	4	Surface propre		
Course du câble				
2	0	Course du câble irrégulière		
	2	Course du câble régulière		
Personnel chargé de l'examen				
1	0	Formation/ connaissances sur l'aspect des dommages		
	1	Personnel expérimenté		
Total				/30

Indications importantes pour réaliser l'évaluation des conditions d'examen

L'évaluation se réalise différemment sur chaque poste d'examen (et pour chaque personne chargée de l'examen et son poste d'examen) !

Le résultat de l'évaluation doit ensuite être classé dans l'une des catégories suivantes.

23-30 points Catégorie 1	17-23 points Catégorie 2	Moins de 17 points Catégorie 3
Aucune amélioration nécessaire	Améliorations possibles pour augmenter le taux de détection de défaut	Améliorations recommandées, taux de détection de défaut insuffisant

Protection contre le soleil/ anti-éblouissement

En cas de protection partielle contre le soleil, la protection dépend de la position du soleil, c'est-à-dire de l'heure à laquelle l'examen est réalisé.



Illustration 1 : Soleil éblouissant en arrière-plan, pas de contraste convenable par rapport au câble

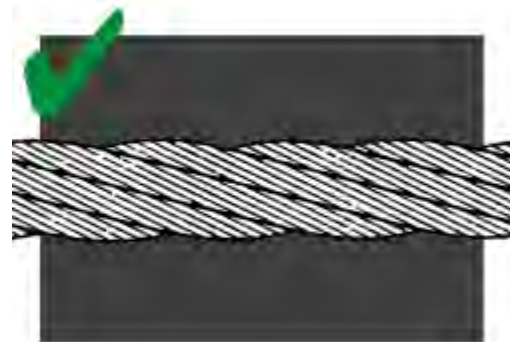


Illustration 2 : Protection contre le soleil masquant le soleil éblouissant, câble bien visible

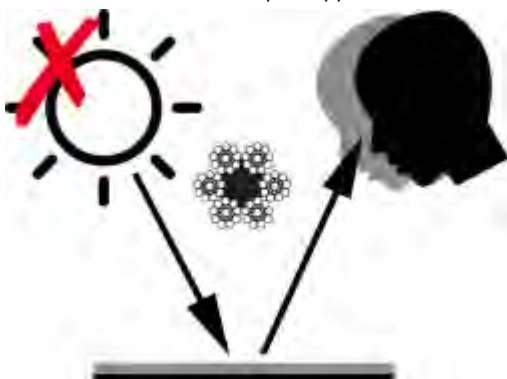


Illustration 3 : Soleil éblouissant avec le miroir



Illustration 4 : Protection contre le soleil empêchant d'être aveuglé par le miroir

Éclairage :

- La lumière du jour est > 500 lux.
- Les sources de lumière artificielles doivent être orientées de sorte à ne pas gêner les intervenants.
- L'éclairage doit rester constant durant l'examen (un éclairage inconstant survient par exemple en cas de passage nuageux).

Arrière-plan

Un arrière-plan irrégulier et éblouissant perturbe la capacité de concentration.

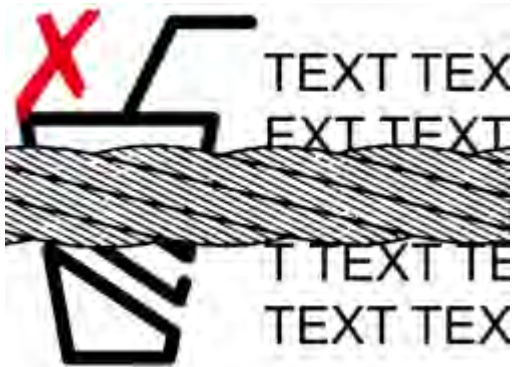


Illustration 5 : Panneau publicitaire en arrière-plan

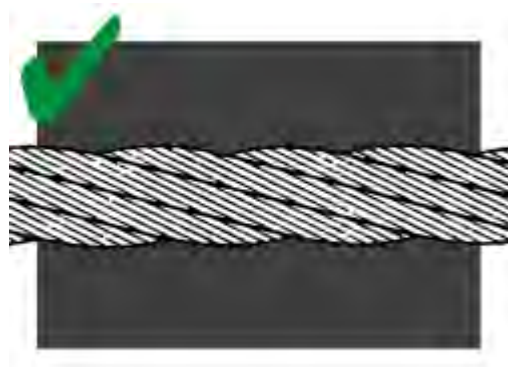


Illustration 6 : Arrière-plan idéal

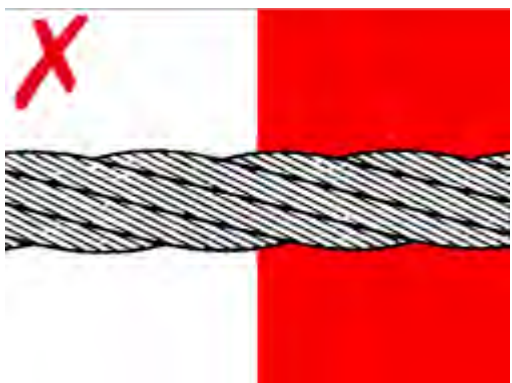


Illustration 7 : Couleurs d'arrière-plan non appropriées

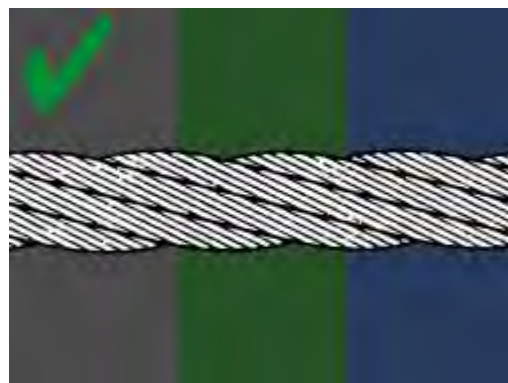


Illustration 8 : Couleurs d'arrière-plan idéales

Possibilité d'assise

Les échelles doivent être évaluées avec 0 point.



Illustration 9 : Utilisation de l'échelle non recommandée



Illustration 10 : Utilisation de l'échelle recommandée

Possibilité de mise hors tension

Une possibilité de mise hors tension permet d'arrêter immédiatement le câble en cas de détection d'un défaut.

Niveau sonore

Outre l'entraînement, des sources sonores comme le moteur de secours ou une radio dérangeante doivent être évaluées avec 0 point.

Espacement par rapport au câble

Les possibilités d'assise ou de position debout doivent si possible permettre de garantir un espacement suffisant par rapport au câble. L'espacement est optimal lorsque les différents fils métalliques de la couche externe sont clairement visibles.



Illustration 11: Mauvaise position lors de l'inspection des câbles de chenilles. Environ 45° de la corde ne sont pas visibles

Illustration 12: Bonne position lors de l'inspection des câbles de chenilles

Longueur de câble visible

- Les possibilités d'assise/ de position debout ou couchée doivent si possible permettre de garantir la visibilité de la plus grande partie de la longueur du câble.
- Les miroirs de moins de 1m de long ou une longueur de câble visible de moins de 1m, dus à la configuration de la station, doivent être évalués avec 0 point.

État du câble

- Le câble doit être suffisamment propre pour permettre de réaliser un examen correct. Un câble recouvert de graisse/ saleté ne peut pas être examiné !
- Les photos suivantes représentent divers états de câbles.



Photo 13 : Câble sale - examen impossible



Photo 14 : Saleté dans les gorges de toron - examen difficile à réaliser



Photo 15 : Câble propre

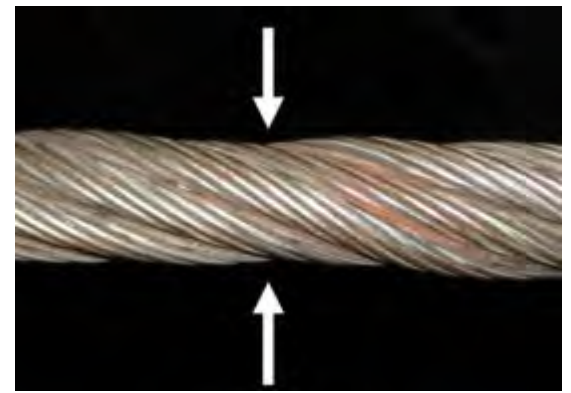
Exigences envers le personnel chargé de l'examen

- Une personne chargée de l'examen est considérée comme répondant aux exigences si elle est en bonne condition physique et mentale pour réaliser un contrôle non destructif. Cela signifie :
 - Avoir une bonne vue
 - Être très fiable
 - Avoir une bonne capacité de concentration sur le long terme
 - Avoir une bonne condition physique
 - Être motivé
 - Avoir une grande conscience de la sécurité
- La personne chargée de l'examen doit être informée de l'objectif de l'examen
 - Reconnaissance des défauts extérieurs (surveillance de l'évolution de l'usure, de la corrosion et des défauts sur la surface)
 - Surveillance des modifications des dimensions localisées
- Avoir une connaissance de base des différents types de câbles en acier et de leurs spécificités est un avantage. Il est ainsi important de s'informer sur le type de câble de chaque installation :
 - Conception du câble/ des torons, structure, mode de câblage, sens de câblage
 - Épissure (nœuds, jointures, embouts d'extrémité)
 - Fixations d'extrémité de câble
- La personne chargée de l'examen doit être équipée de l'ensemble du matériel nécessaire pour réaliser l'examen.
Cela signifie :
 - Les outils de mesure (pied à coulisse - idéal avec des mâchoires larges, outils de mesure pour pas de câble)
 - Matériel de marquage (peinture, ruban adhésif, etc.)
 - Matériel de documentation (rapport d'examen)
 - Appareil photo
 - Des informations sur des défauts de câble connus issues des rapports antérieurs (ou des rapports de contrôles magnéto-inductifs)
- Les types d'endommagements les plus importants qui sont détectés lors des examens doivent être connus. Ceux-ci sont représentés sur les pages suivantes.

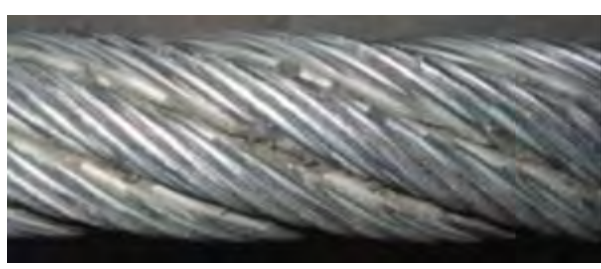
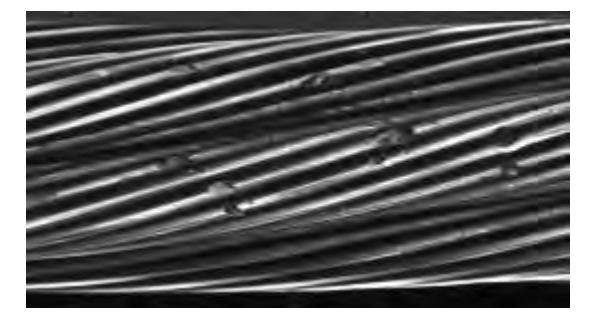
Exemples d'endommagements sur un câble à torons



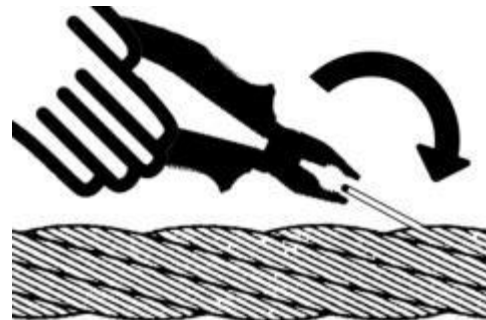
Corrosion



Stries/ entailles



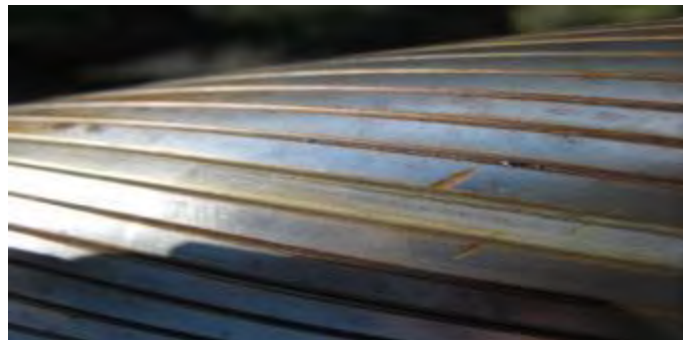
Ruptures de fils métalliques



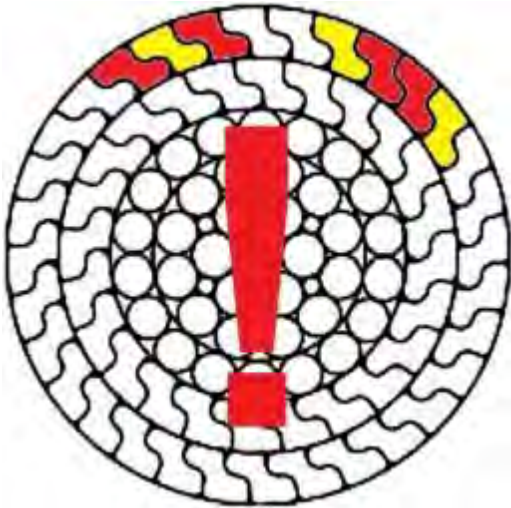
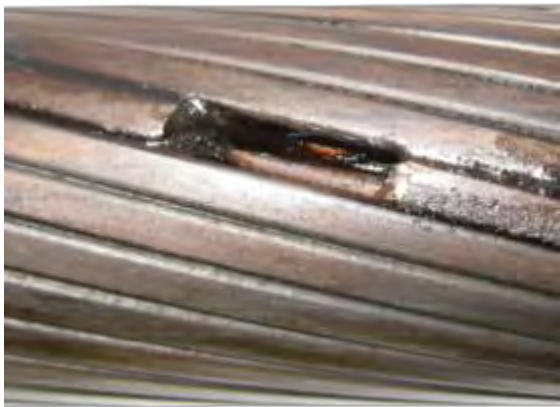


Exemples d'endommagements sur un câble porteur

Stries/ entailles sur câble clos



Ruptures de fils métalliques sur câble clos



EN12927-6:2004 « Critères de dépose », §6.1.4 : Détérioration localisée
« Deux fils extérieurs cassés adjacents d'un câble porteur clos (câble porteur) ou deux fils cassés séparés par un seul fil intact. »