

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.664

(03/2006)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE
TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX
NUMÉRIQUES

Caractéristiques des supports de transmission –
Caractéristiques des composants et sous-systèmes
optiques

**Procédures et prescriptions de sécurité optique
applicables aux systèmes de transport optiques**

Recommandation UIT-T G.664

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G
SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
Généralités	G.600–G.609
Paires symétriques en câble	G.610–G.619
Câbles terrestres à paires coaxiales	G.620–G.629
Câbles sous-marins	G.630–G.649
Câbles à fibres optiques	G.650–G.659
Caractéristiques des composants et sous-systèmes optiques	G.660–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION – ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
DONNÉES SUR COUCHE TRANSPORT – ASPECTS GÉNÉRIQUES	G.7000–G.7999
ASPECTS RELATIFS AUX PROTOCOLES EN MODE PAQUET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

Recommandation UIT-T G.664

Procédures et prescriptions de sécurité optique applicables aux systèmes de transport optiques

Résumé

La présente Recommandation établit un certain nombre de lignes directrices et de prescriptions concernant les techniques permettant d'assurer des conditions de travail optiquement sûres (pour les yeux et la peau) au niveau des interfaces optiques des réseaux de transport optiques, en particulier pour les systèmes recourant aux techniques d'amplification Raman de forte puissance, dans le cas d'équipements installés dans des zones à accès restreint ou surveillé.

En raison des modifications apportées aux prescriptions pertinentes de la CEI, la procédure de coupure automatique du laser définie pour les systèmes SDH dans une version précédente de la présente Recommandation n'est plus indispensable et elle est dorénavant décrite dans un appendice à caractère informatif. Par ailleurs, la présente Recommandation donne de nouvelles lignes directrices concernant les procédures de réduction automatique de puissance applicables aux systèmes utilisant les techniques d'amplification Raman de forte puissance.

Source

La Recommandation UIT-T G.664 a été approuvée le 29 mars 2006 par la Commission d'études 15 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT avait été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références normatives.....	1
3	Termes et définitions	2
3.1	Définitions	2
3.2	Termes définis dans d'autres Recommandations.....	3
3.3	Termes définis dans d'autres normes.....	3
4	Abréviations.....	3
5	Généralités	4
5.1	Observations sur la sécurité permettant d'éviter des lésions pour les yeux et la peau.....	4
5.2	Considérations pour préserver les fibres d'éventuels dommages	6
6	Procédures et lignes directrices	6
6.1	Généralités.....	6
6.2	Procédures APR pour systèmes employant l'amplification optique discrète.....	7
6.3	Procédures APR pour systèmes fondés sur l'amplification Raman répartie...	9
Appendice I – Exemples d'architectures APR pour les systèmes (y compris les systèmes à amplification Raman) utilisant un canal OAC.....		11
I.1	Considérations sur l'utilisation d'un OAC au lieu d'une impulsion de redémarrage pour un redémarrage automatique	11
I.2	Description de la procédure de réduction automatique de puissance au moyen du canal OSC à copropagation	12
I.3	Description de la procédure de réduction automatique de puissance utilisant le canal OSC à contre-propagation.....	13
Appendice II – Description des procédures ALS/APSD pour les systèmes SDH monocanaux point à point.....		15
II.1	Introduction	15
II.2	Systèmes SDH monocanaux point à point sans amplificateurs de ligne.....	16
II.3	Système SDH point à point monocanal avec amplificateurs de lignes	20

Recommandation UIT-T G.664

Procédures et prescriptions de sécurité optique applicables aux systèmes de transport optiques

1 Domaine d'application

La présente Recommandation établit un certain nombre de lignes directrices et de prescriptions concernant les techniques permettant d'assurer des conditions de travail optiquement sûres (pour les yeux et la peau) au niveau des interfaces optiques des réseaux de transport optiques, systèmes classiques à hiérarchie numérique synchrone compris, dans le cas d'équipements installés à la fois dans des zones à accès restreint et dans des zones à accès surveillé.

On considère que la définition et la spécification des niveaux optiquement sûrs ne relèvent pas du cadre de la présente Recommandation (elles sont données par la CEI).

Les principaux domaines d'application sont les systèmes conçus pour le réseau de transport optique employant l'amplification Raman et les systèmes DWDM disposant d'un grand nombre de canaux. Afin de faciliter l'utilisation de ces systèmes, la présente Recommandation mettra l'accent sur les techniques de réduction automatique de puissance (APR, *automatic power reduction*) avec redémarrage automatique.

Par souci de rétrocompatibilité avec des Recommandations qui ne sont plus en vigueur dans le domaine de la sécurité optique, la présente Recommandation décrit les procédures de sécurité applicables dans le cas de systèmes SDH à un seul canal ou multicanaux avec ou sans amplificateurs de lignes. Sont également précisées les raisons pour lesquelles les procédures utilisant des impulsions de redémarrage pour la coupure automatique du laser (ALS, *automatic laser shutdown*) et la coupure automatique de puissance (APSD, *automatic power shutdown*) définies dans une version précédente de la Recommandation ne sont plus appropriées ou nécessaires pour les applications décrites dans les Recommandations UIT-T G.691, G.693, G.695, G.957 et G.959.1.

Les conséquences techniques des transmissions bidirectionnelles décrites dans la Rec. UIT-T G.692 sont également considérées.

Des références sont fournies pour préserver les fibres de tout dommage lors d'un fonctionnement à des niveaux de puissance optique élevés.

2 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- Recommandation UIT-T G.662 (2005), *Caractéristiques génériques des dispositifs et sous-systèmes amplificateurs à fibres optiques.*
- Recommandation UIT-T G.665 (2005), *Caractéristiques génériques des amplificateurs Raman et des sous-systèmes à amplification Raman.*
- Recommandation UIT-T G.691 (2006), *Interfaces optiques pour les systèmes STM-64 et autres systèmes SDH monocanaux à amplificateurs optiques.*

- Recommandation UIT-T G.692 (1998), *Interfaces optiques pour systèmes multicanaux avec amplificateurs optiques*.
- Recommandation UIT-T G.693 (2006), *Interfaces optiques pour les connexions locales*.
- Recommandation UIT-T G.783 (2006), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements de la hiérarchie numérique synchrone*.
- Recommandation UIT-T G.872 (2001), *Architecture des réseaux de transport optiques*.
- Recommandation UIT-T G.957 (2006), *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone*.
- Recommandation UIT-T G.959.1 (2006), *Interfaces de couche Physique du réseau optique de transport*.
- CEI 60825-1 (2001), *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur*.
- CEI 60825-2 (2005), *Sécurité des appareils à laser – Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques*.
- CEI/TR 61292-4 (2004), *Optical Amplifiers – Part 4: Maximum permissible optical power for the damage-free and safe use of optical amplifiers, including Raman amplifiers*.

3 Termes et définitions

3.1 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.1.1 coupure automatique du laser (ALS, *automatic laser shutdown*): technique (procédure) permettant de couper automatiquement la sortie des émetteurs lasers et des amplificateurs optiques de façon à éviter une exposition à des niveaux de risque élevés.

3.1.2 réduction automatique de puissance (APR, *automatic power reduction*): technique (procédure) permettant de réduire automatiquement la puissance de sortie des amplificateurs optiques de façon à éviter une exposition à des niveaux de risque élevés.

3.1.3 coupure automatique de puissance (APSD, *automatic power shutdown*): technique (procédure) permettant de couper automatiquement la puissance de sortie des amplificateurs optiques de façon à éviter une exposition à des niveaux de risque élevés; dans le contexte de la présente Recommandation, les termes APSD et ALS sont équivalents.

3.1.4 perte de continuité (d'une liaison optique): tout événement pouvant causer des niveaux de puissance optique dangereux émis depuis un point sur le trajet d'un système de transmission optique. Parmi les causes courantes de perte de continuité d'une liaison optique figurent la rupture d'un câble, la panne d'un équipement, le débranchement d'un connecteur, etc.

3.1.5 canal optique auxiliaire (OAC, *optical auxiliary channel*): en cas d'interruption d'un signal optique par suite d'une solution de continuité sur une liaison par fibre, mais sans avoir besoin de niveaux de puissance dangereux pour fonctionner de manière satisfaisante. L'utilisation d'un canal optique de surveillance (OSC) constitue une implémentation d'un OAC.

3.1.6 trajet principal (optique): liaison à fibre optique entre le point MPI-S, S ou S' de l'équipement émetteur et le point MPI-R, R ou R' de l'équipement récepteur.

3.1.7 interfaces de trajet principal: interfaces de liaison avec les liaisons à fibres optiques.

3.2 Termes définis dans d'autres Recommandations

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis dans d'autres Recommandations de l'UIT-T:

perte de signal (LOS, <i>loss of signal</i>)	Rec. UIT-T G.783
en-tête LOS (LOS-O)	Rec. UIT-T G.798
charge utile LOS (LOS-P)	Rec. UIT-T G.798
section multiplex optique (OMS, <i>optical multiplex section</i>)	Rec. UIT-T G.872
canal de surveillance optique (OSC, <i>optical supervisory channel</i>)	Rec. UIT-T G.692
section de transmission optique (OTS, <i>optical transmission section</i>)	Rec. UIT-T G.872

3.3 Termes définis dans d'autres normes

La présente Recommandation utilise les termes suivants qui sont définis dans des normes de la CEI:

Classes de lasers	CEI 60825-1
Niveaux de risque	CEI 60825-2
Lieux à accès restreint	CEI 60825-2
Lieux non réglementés	CEI 60825-2
Lieux à accès surveillé	CEI 60825-2

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

AEL	limite d'émission accessible (<i>accessible emission limit</i>)
ALS	coupure automatique du laser (<i>automatic laser shutdown</i>)
APR	réduction automatique de puissance (<i>automatic power reduction</i>)
APSD	coupure automatique de puissance (<i>automatic power shutdown</i>)
ASE	émission spontanée amplifiée (<i>amplified spontaneous emission</i>)
BA	suramplificateur (<i>booster amplifier</i>)
DEMUX	démultiplexeur
dLOS	défaut de perte de signal (<i>loss of signal defect</i>)
IaDI	interface intradomainiale (<i>intra-domain interface</i>)
LA	amplificateur de ligne (<i>line amplifier</i>)
LOS	perte de signal (<i>loss of signal</i>)
LOS-O	en-tête LOS (<i>LOS overhead</i>)
LOS-P	charge utile LOS (<i>LOS payload</i>)
MPE	exposition maximale admissible (<i>maximum permissible exposure</i>)
MPI	interface principale sur le trajet (<i>main path interface</i>)
MPI-R	point de référence de réception de l'interface principale sur le trajet (<i>receive main path interface reference point</i>)
MPI-S	point de référence d'émission de l'interface principale sur le trajet (<i>source main path interface reference point</i>)

MSP	protection de la section multiplex (<i>multiplex section protection</i>)
MUX	multiplexeur
OA	amplificateur optique (<i>optical amplifier</i>)
OAC	canal optique auxiliaire (<i>optical auxiliary channel</i>)
OAR	récepteur à amplification optique (<i>optically amplified receiver</i>)
OAT	émetteur à amplification optique (<i>optically amplified transmitter</i>)
OMS	section multiplex optique (<i>optical multiplex section</i>)
OSC	canal de surveillance optique (<i>optical supervisory channel</i>)
OTN	réseau de transport optique (<i>optical transport network</i>)
OTS	section de transmission optique (<i>optical transmission section</i>)
PA	préamplificateur (<i>pre-amplifier</i>)
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
WDM	multiplexage par répartition en longueurs d'onde (<i>wavelength division multiplexing</i>)

5 Généralités

5.1 Observations sur la sécurité permettant d'éviter des lésions pour les yeux et la peau

La publication CEI 60825-2 précise la différence entre la notion de "classe d'appareil à laser" et la notion de "niveau de risque laser". Le texte ci-après est repris de la publication CEI 60825-2.

"classe: la notion de "Classe" se rapporte à un système de classification des produits ou émetteurs internes en fonction de critères de sécurité et sur la base de niveaux d'émission. Les niveaux d'émission sont définis dans les Tableaux des compositions maximales permises (EMP) de la publication CEI 60825-1. On distingue quatre catégories de classes, des appareils sûrs dans des conditions raisonnablement prévisibles aux appareils présentant le niveau de risque le plus élevé. Au sens de la publication CEI 60825-1, la classification des produits suppose des conditions d'exploitation normales."

"niveau de risque: l'expression "Niveau de risque", au sens de la présente norme, se rapporte au risque pouvant être occasionné par les émissions d'un appareil à laser faisant partie d'un système de communication de bout en bout par fibres optiques, en tout lieu accessible pendant l'utilisation ou la maintenance du système, en cas de panne ou en cas de rupture de connexion d'une fibre. L'évaluation du niveau de risque se fait par référence aux Tableaux des EMP de la publication CEI 60825-1."

"Un système de télécommunication par fibres optiques dans son ensemble ne sera pas classé de la même façon selon les prescriptions de la CEI 60825-1. Cela est dû au fait que, lors de mise en service intentionnelle, le rayonnement optique est totalement enfermé et il peut être avancé qu'une interprétation rigoureuse de la CEI 60825-1 attribuerait la classe 1 à tous les systèmes, ce qui peut ne pas refléter de manière précise le risque potentiel."

"Ainsi, un système de communication à fibres optiques dans son ensemble peut être considéré comme un appareil à laser de classe 1, du fait que dans des conditions normales les émissions sont totalement enfermées (comme dans le cas d'une imprimante laser par exemple) et qu'aucune lumière ne devrait s'échapper de l'enceinte. Ce n'est que lorsqu'il y a rupture de fibre ou qu'un connecteur optique est débranché qu'une personne pourrait être exposée à un niveau d'émission lumineuse potentiellement dangereux dans le cas d'émetteurs internes de puissance suffisante."

"En conséquence, il faut évaluer le niveau de risque associé à chaque sortie optique. Les limites de niveau de risque dépendent de la fourchette de longueurs d'ondes "dominante", puisque la publication CEI 60825-1 définit différentes limites d'émission acceptables LEA pour différentes gammes de longueurs d'ondes. Pour de plus amples détails, se reporter à cette norme. Par ailleurs, la présente norme autorise l'utilisation d'une réduction automatique de la puissance pour abaisser le niveau de risque, selon le niveau de puissance normal et la rapidité de la réduction automatique de puissance."

L'Appendice II de la présente Recommandation décrit également des techniques de coupure automatique du laser (dans le cas de systèmes SDH), initialement conçues pour répondre au même objectif, à savoir garantir la sécurité de l'environnement de travail.

NOTE 1 – Depuis quelques années, on utilise également l'expression coupure automatique de puissance (APSD, *automatic power shutdown*) pour les systèmes avec amplificateurs optiques. Dans la présente Recommandation, on emploiera le sigle ALS, utilisé depuis plus longtemps, tout en notant l'équivalence APSD-ALS.

Les publications CEI 60825-1 et 60825-2 fournissent des détails respectivement sur les différentes classes et les niveaux limites de risques. D'autres clarifications relatives aux niveaux effectifs de puissance et aux constantes de temps de réduction de puissance pour les différentes catégories de sécurité sont fournies dans la publication CEI/TR 61292-4.

Il convient par ailleurs de noter que, pour l'évaluation du niveau de risque, seuls les niveaux de puissance pouvant être observés dans des conditions raisonnablement prévisibles doivent être pris en considération. La publication CEI 60825-2 donne une description et des lignes directrices permettant de définir le sens de l'expression "raisonnablement prévisibles".

Aux fins de la présente Recommandation, on suppose que l'équipement de transmission optique en général (et l'équipement SDH en particulier) sera toujours installé dans des lieux à accès surveillé et à accès restreint. La publication CEI 60825-2 précise que le niveau de risque de l'équipement ne doit pas dépasser la valeur 1M dans les lieux à accès restreint et 3B dans des lieux à accès surveillé. Cette même norme spécifie d'autres conditions applicables aux lieux à accès surveillé, qui n'entrent pas dans le cadre de la présente Recommandation, et qui peuvent être trouvées dans la publication CEI 60825-2.

NOTE 2 – Les versions précédentes des publications CEI 60825-1 et 60825-2 ont utilisé respectivement une classe 3A et un niveau de risque 3A. Dans les dernières versions de ces publications, la catégorie 3A a été remplacée par une nouvelle catégorie 1M. En particulier dans la fenêtre de 1550 nm, la limite d'exposition 3A était une limite fixe, à l'inverse du niveau 1M, qui est rendu par une formule et de ce fait déterminé par plusieurs facteurs définis dans la publication CEI 60825-1 (par exemple la durée d'exposition, la longueur d'onde, le diamètre de champ en mode fibres optiques, le diamètre de mesure et la distance de mesure). Pour les applications visées par la présente Recommandation, la limite du niveau de risque 1M est généralement plus élevée que la limite 3A précédente en raison de la divergence du faisceau émis par la fibre optique en espace libre. La présente Recommandation fait généralement référence au nouveau niveau de risque 1M et non au niveau 3A précédent. Lorsque le niveau de risque évalué est encore celui de 3A, il est suggéré d'appliquer les lignes directrices relatives au niveau 1M.

Dans les systèmes dont la puissance optique dans la fibre dépasse les niveaux potentiellement dangereux 1M dans des lieux à accès restreint ou 3B dans des lieux à accès surveillé, il convient d'utiliser les techniques APR ou ALS afin de ramener, en toute fiabilité, la puissance d'exploitation à un niveau inférieur au niveau de sécurité applicable en fonction du type d'emplacement. Les conditions à respecter sont définies plus en détail dans le § 6.

En outre, la publication CEI 60825-2 donne des lignes directrices concernant la fiabilité des procédures de réduction automatique de puissance.

5.2 Considérations pour préserver les fibres d'éventuels dommages

Lorsque des fibres optiques sont soumises à des niveaux de puissance optique élevés, il y a un risque que des fibres et des connecteurs optiques soient endommagés dans certaines conditions. Certains aspects de l'utilisation à haute puissance de fibres et de connecteurs relèvent directement de la sécurité. Par exemple, un incendie peut se déclarer à la suite de la surchauffe locale de connecteurs contaminés servant à acheminer une puissance optique élevée.

La publication CEI/TR 61292-4 expose les directives à suivre dans les domaines suivants:

- inflammation de fibres et propagation;
- échauffement par suite de pertes sur des connecteurs ou épissures;
- dommages causés à l'extrémité de connecteurs par des poussières/polluants;
- fusion/brûlure de la gaine d'une fibre à cause d'un fort rayon de courbure.

En outre, le Supplément 39 à la série G des Recommandations UIT-T contient des informations sur les sujets suivants:

- meilleures pratiques en matière de sécurité vis-à-vis de la puissance optique.

Observons que, si la propagation de l'inflammation de fibres peut causer un risque d'incendie, le recours aux techniques de réduction automatique de puissance décrites dans la présente Recommandation peut permettre de limiter ce phénomène, mais que ce n'est pas leur principal but.

6 Procédures et lignes directrices

6.1 Généralités

La publication CEI 60825-1 et la publication CEI 60825-2 indiquent que, pour des raisons de sécurité oculaire, il peut être nécessaire de prévoir un système de réduction automatique de la puissance (optique) (système APR) en cas de perte de puissance optique dans une section du trajet optique principal. Une telle perte de puissance peut être occasionnée par exemple par une rupture de câble, une panne d'équipement, le débranchement d'un connecteur, etc, en d'autres termes tout ce qui constitue de façon générale une solution de continuité sur une liaison par fibre. Pour faciliter le rétablissement rapide du fonctionnement du système après rétablissement de la liaison proprement dite, il est recommandé d'utiliser les procédures APR avec un redémarrage automatique, mais pas avec un redémarrage manuel

On trouvera aux § 6.2 et 6.3 ci-après un exposé des prescriptions et directives de base pour l'utilisation des procédures de réduction automatique de puissance (APR), avec redémarrage, dans le cas de systèmes pour lesquels il est impossible d'éviter (même pour des applications OTN) des niveaux de puissance supérieurs aux niveaux de risque 1M dans des lieux à accès restreint et 3B dans des lieux à accès surveillé.

NOTE 1 – Il pourrait être souhaitable de condamner le mécanisme de redémarrage, par exemple pour pouvoir réparer une fibre cassée sans avoir à redouter un redémarrage inopiné.

NOTE 2 – La publication CEI 60825-2 autorise l'utilisation de systèmes avec un niveau de risque 3B dans des lieux à accès surveillé, mais il convient d'observer qu'il serait acceptable d'utiliser un système se limitant à un niveau de risque 1M (soit directement, soit via la procédure APR) dans des lieux soit à accès restreint, soit à accès surveillé et que ce système serait donc plus généralement utilisable.

Dans une version précédente de la présente Recommandation, il est indiqué que des impulsions (de redémarrage) transmises à intervalles réguliers permettaient de faciliter le rétablissement du système. L'utilisation d'impulsions était un moyen très pratique d'effectuer un redémarrage dans des procédures à compatibilité associative. Ainsi qu'il est expliqué à l'Appendice II, l'utilisation d'impulsions de redémarrage à pleine puissance d'exploitation n'est cependant plus considérée comme appropriée en raison de la modification des prescriptions de la CEI en matière de sécurité. L'UIT-T n'ayant pas encore défini d'autres procédures APR transversalement compatibles, il est

recommandé de spécifier des interfaces transversalement compatibles avec des niveaux de puissance optique égaux ou inférieurs au niveau de risque 1M (ou 3B pour les lieux à accès surveillé).

Comme nous l'avons dit au § 5, il n'est pas nécessaire de prévoir un système de réduction automatique de la puissance pour des systèmes de niveaux de risque 1 et 1M, selon la publication CEI 60825-2. Un tel système n'est pas non plus nécessaire pour les systèmes de niveau de risque 3B dans les installations à accès surveillé. Actuellement, tous les niveaux de puissance optique spécifiés dans les Recommandations UIT-T G.691, G.693, G.695, G.957 et G.959.1 sont égaux ou inférieurs au niveau de risque 1M. Les niveaux définis dans les Recommandations UIT-T G.693 et G.957 en particulier correspondent au niveau de risque 1 et, de ce fait, sont considérés comme étant entièrement sûrs. Au cours de l'examen de la première version de la Rec. UIT-T G.957, la procédure APR a été jugée nécessaire pour maintenir un niveau de sécurité optique suffisant. En conséquence, une procédure de coupure (appelée ALS) a été définie. Cette procédure (qui n'est plus considérée comme nécessaire pour les applications mentionnées ci-dessus) qui a été largement utilisée ces dernières années est mentionnée dans l'Appendice II pour des raisons historiques.

6.2 Procédures APR pour systèmes employant l'amplification optique discrète

Dans le présent paragraphe des impératifs de base et des lignes directrices sont établis concernant les procédures de réduction automatique de la puissance (APR, *automatic power reduction*) et de redémarrage pour les systèmes, fondés sur l'amplification optique discrète, dans lesquels il est impossible d'éviter des niveaux de puissance supérieurs au niveau de risque 1M dans les lieux à accès restreint et au niveau de risque 3B dans les lieux à accès surveillé (notamment les applications OTN).

Comme pour les autres cas décrits dans la présente Recommandation, il faut appliquer les techniques APR lorsque la somme de la puissance d'exploitation (signal optique principal) et de la puissance de sortie du laser de pompage au niveau des interfaces optiques dépasse les niveaux de risque applicables définis dans la publication CEI 60825-2. La puissance totale est la somme de la puissance émise dans une direction quelconque par les canaux optiques, de la puissance émanant de tous les lasers de pompage et de la puissance provenant des canaux optiques auxiliaires (OAC) éventuellement utilisés. Aux fins de la présente Recommandation, on considérera qu'un canal optique de surveillance (OSC) est une implémentation spécifique d'un OAC.

Au § 6.1 il est recommandé d'utiliser uniquement les procédures APR qui permettent un redémarrage automatique. A la date de publication de la présente Recommandation, les seules procédures APR connues qui permettaient un redémarrage automatique étaient celles qui se fondaient sur l'utilisation d'un OAC. En conséquence il est recommandé d'utiliser des procédures APR basées sur l'emploi d'un OAC pour procéder à un redémarrage automatique. Des exemples d'implémentations spécifiques sont donnés à l'Appendice I. A la date de la publication de la présente Recommandation un OAC transversalement compatible n'étant pas encore défini un complément d'étude s'imposait avant que ne soit arrêtée une procédure APR avec redémarrage automatique permettant une exploitation sur des interfaces optiques transversalement compatibles.

Le délai dans lequel la réduction de puissance doit être effectuée dépend du niveau de puissance optique réel. Autrement dit, plus le niveau de puissance est élevé, plus le délai de coupure est court. Les conditions à appliquer pour le délai de coupure peuvent être calculées à partir de la publication CEI 60825-1.

Après une réduction de puissance, le niveau de puissance totale résiduelle, à savoir la somme de la puissance fournie par tous les canaux optiques, de la puissance restante émise par les appareils à laser de pompage et de la puissance fournie par un OAC, doit être en deçà du niveau de risque 1M (ou 3B dans des lieux à accès surveillé); il convient de préciser ici qu'une réduction de la puissance totale au niveau de risque 1 ou même une coupure complète n'est pas exclue.

Une description générale de la procédure APR à utiliser pour les applications OTN est donnée à la Figure 1. Pour les systèmes qui utilisent un canal OAC, on trouvera à l'Appendice I quelques exemples de procédures de réduction de puissance et de redémarrage.

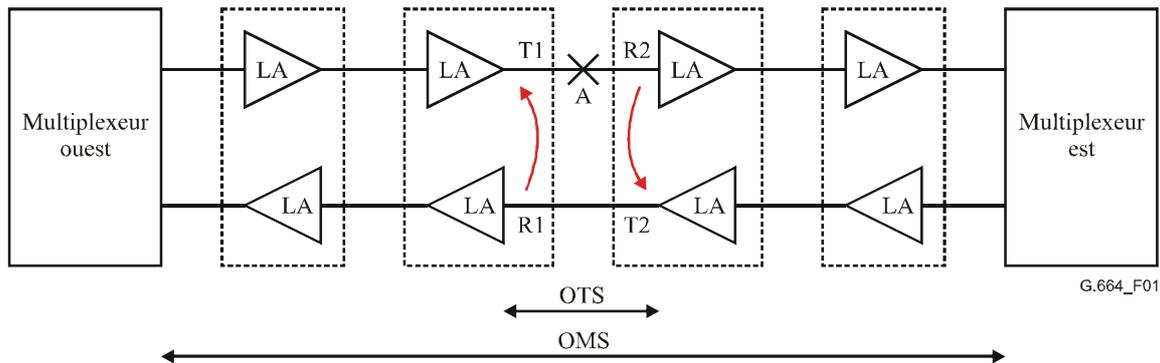


Figure 1/G.664 – Réduction automatique de la puissance après solution de continuité d'un câble

Lorsqu'une solution de continuité se produit sur un câble au point A de la Figure 1, l'indicateur de défaut LOS au niveau de l'interface de réception R2 sert à déclencher la réduction de la puissance à l'interface d'émission T2, soit la source adjacente de direction opposée. Cette réduction est détectée dans l'interface de réception R1, qui elle-même entraîne une réduction de la puissance de sortie à l'interface d'émission T1. Le principe de détection d'une réduction de puissance au niveau de R1 appelle un complément d'étude. Dans le cas des applications OTN, les défauts LOS-O (en-tête LOS) et LOS-P (charge utile LOS) pourraient être utilisés. Leur définition est donnée dans la Rec. UIT-T G.798.

NOTE 1 – Dans cette description générale, la puissance observée sur la liaison affectée et sur la liaison à contre-propagation dans une section de transmission optique (OTS) est réduite. On trouvera au § I.3 un exemple de procédure dans lequel seule la puissance sur la liaison affectée est réduite.

NOTE 2 – Dans la Rec. UIT-T G.798 une commande de gestion de la procédure APR est définie pour les applications OTN.

La réduction de puissance jusqu'au niveau de risque 1M pour les installations d'accès restreint (ou 3B pour les lieux à accès surveillé) de toutes les sorties optiques relevant de la section de transmission optique concernée doit intervenir dans un certain délai (de 3 s au maximum) à compter de la rupture de continuité. Le délai de coupure dépend de la puissance optique d'exploitation réelle et peut être calculé à partir de la spécification relative à la durée d'exposition maximale admissible (MPE, *maximum permissible exposure*) énoncée dans la publication CEI 60825-1.

NOTE 3 – D'autres mesures secondaires concernant les autres amplificateurs de la section concernée, y compris ceux susceptibles d'être activés sur des équipements (à un seul canal par exemple) ne faisant pas partie de la section en question, ne sont pas exclues, mais leur spécification déborderait du domaine de la présente Recommandation. En tout état de cause, ces interventions secondaires ne devront pas perturber les procédures de sécurité applicables à la section de transmission optique concernée.

Lorsque la connexion à la section de transmission optique a été rétablie, il faut procéder à un redémarrage automatique pour rétablir la transmission dans cette section. Après rétablissement de la liaison, la puissance au-delà du niveau de risque 1M (ou 3B pour les lieux à accès surveillé) peut être rétablie au bout de 100 s après la survenance de la solution de continuité. Une durée inférieure à 100 s est possible, mais il faut tenir compte de la possible survenance d'expositions multiples pendant ce délai, d'où l'éventuelle nécessité d'un temps d'APR moindre.

Pour des raisons opérationnelles il est souhaitable que les procédures APR dont il est question plus haut ne déclenchent aucune alarme en aval. En d'autres termes, les alarmes ne devraient être communiquées que par l'OTS affectée.

NOTE 4 – Pour des raisons de rétrocompatibilité, il est permis d'utiliser la procédure ALS décrite au § II.3 (modification de la procédure ALS en ce qui concerne les temps de réaction exposée dans la Figure II.1) pour des systèmes multicanaux SDH déjà installés dotés d'amplificateurs de lignes dont les puissances de sortie opérationnelles présentent un niveau de risque 3B (dans le cas de lieux à accès restreint). En l'occurrence, et sur la base de la Figure II.5, "l'émetteur" peut, selon l'implémentation spécifique, être soit un émetteur SDH combiné à une adaptation appropriée d'un multiplexeur/amplificateur optique, soit le multiplexeur/amplificateur lui-même. Par ailleurs, le "récepteur" peut être soit le récepteur SDH correspondant combiné à une adaptation appropriée de l'amplificateur optique/démultiplexeur, soit l'amplificateur/démultiplexeur lui-même.

NOTE 5 – Les systèmes bidirectionnels doivent présenter les mêmes caractéristiques de sécurité optique et reposer sur les mêmes principes que les systèmes unidirectionnels. La spécification exacte de ces procédures appelle un complément d'étude.

6.3 Procédures APR pour systèmes fondés sur l'amplification Raman répartie

Des précautions particulières devront être prises notamment pour les systèmes à amplification Raman répartie pour assurer des conditions de travail optiquement sûres car des puissances de pompage élevées (des niveaux supérieurs à +30 dBm sont fréquents) peuvent être injectées dans les câbles à fibres optiques. Des procédures APR sont donc nécessaires pour éviter les dangers causés par le rayonnement laser aux yeux et à la peau et d'autres risques éventuels tels qu'une élévation de la température (ou même un incendie) provoqués par un accroissement local de l'absorption dû à une pollution ou à un endommagement du connecteur. Pour la même raison, il est nécessaire d'éviter d'imprimer une forte courbure aux fibres. Comme indiqué au § 5.2, d'autres dispositions pertinentes sont contenues dans le Rapport technique 61292-4 de la CEI.

Les systèmes à amplification Raman répartie diffèrent des systèmes à amplification optique discrète en raison de la possible présence de lasers de pompage du côté "récepteur" d'une liaison, lasers qui réinjectent une puissance optique élevée dans la liaison. Pour faire en sorte que les niveaux de puissance émanant de connexions à fibres optiques rompues ou ouvertes offrent la sécurité voulue, il est indispensable de réduire la puissance non seulement au niveau des principales sources de signaux optiques, mais aussi au niveau des lasers de pompage utilisés, y compris les lasers de pompage vers l'arrière. La longueur d'onde d'exploitation des pompes Raman étant généralement différente de celle du signal de données effectif, il est nécessaire de procéder à des évaluations distinctes aux diverses longueurs d'onde utilisées (par conséquent à la fois à la longueur d'onde de la pompe et à celle du signal principal).

Pour des raisons identiques à celles évoquées pour les systèmes utilisant l'amplification optique discrète (décrits au § 6.2), il est recommandé pour les systèmes utilisant l'amplification Raman répartie d'employer uniquement des procédures APR autorisant le redémarrage automatique. Il est donc recommandé aussi dans ce cas d'utiliser des procédures APR dans lesquelles on se sert d'un OAC pour procéder au redémarrage automatique. Des exemples d'implémentations spécifiques sont donnés à l'Appendice I. A la date de la publication de la présente Recommandation un OAC transversalement compatible n'étant pas encore défini, un complément d'étude s'imposait avant que ne soit arrêtée une procédure APR avec redémarrage automatique permettant une exploitation sur des interfaces optiques transversalement compatibles.

Après une réduction de puissance, le niveau de puissance totale résiduelle, à savoir la somme de la puissance fournie par tous les canaux optiques, de la puissance restante émise par les appareils à laser de pompage et de la puissance fournie par un OAC doit être en deçà du niveau de risque 1M (ou 3B dans des lieux à accès surveillé); il convient de préciser ici qu'une réduction de la puissance totale au niveau de risque 1 ou même une coupure complète n'est pas exclue.

Les prescriptions de temps et de durée exposées au § 6.2 s'appliquent aussi aux procédures APR visées dans le présent paragraphe.

Pour l'application basée sur une amplification Raman répartie, il convient de modifier la configuration de la Figure 1 à cause de la présence d'une puissance de pompage aller et/ou retour dans la section affectée.

La Figure 2 montre une configuration avec des lasers de pompage aller et retour sur un tronçon donné d'un système (pouvant avoir plusieurs tronçons) utilisant une amplification Raman répartie. T1 et T2 représentent l'interface de transmission sur ce tronçon, tandis que R1 et R2 représentent l'interface de réception.

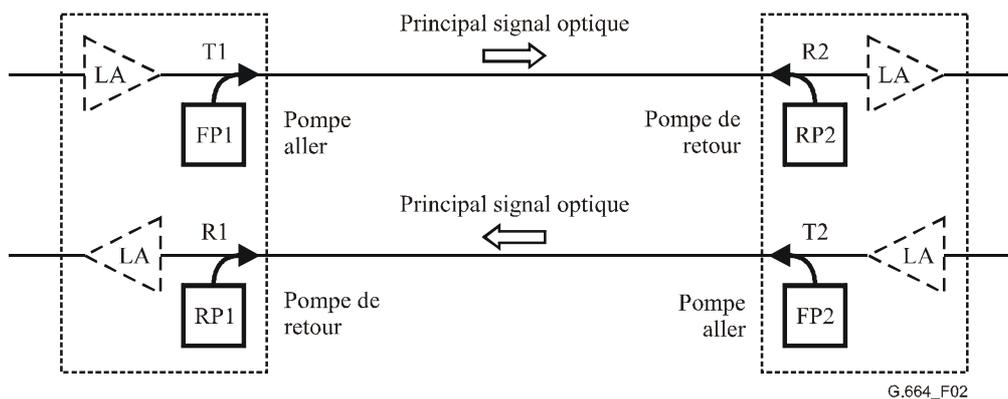


Figure 2/G.664 – Configuration avec des lasers de pompage aller et retour dans un tronçon d'un système de transmission à plusieurs tronçons utilisant une amplification Raman répartie

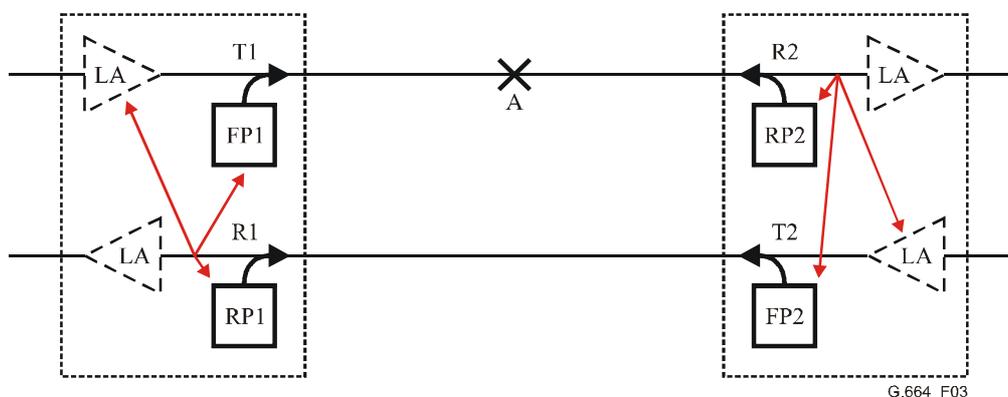


Figure 3/G.664 – Possibles actions dans le cas d'une solution de continuité dans un câble

Si une solution de continuité se produit dans une liaison à fibres (cf. Figure 3), il faut faire plusieurs choses pour garantir des conditions de travail sûres sur la liaison affectée (en l'espèce la liaison montante). Suivant l'implémentation de l'architecture OAC, il faut réduire soit la puissance sur la seule liaison affectée, soit en plus la puissance sur la liaison de retour (descendante en l'espèce). Dans l'exemple de la Figure 3, la LOS (perte de signal) sera détectée à R2, ce dont il faudrait se servir pour réduire la puissance de pompage de retour à R2 AINSI QUE la puissance aller à T2. La puissance aller à T2 devrait être suffisamment réduite pour déclencher une LOS à R1, ce dont il faudrait se servir pour réduire la puissance de pompage de retour à R1 AINSI QUE la puissance aller à T1.

NOTE – Il faut veiller à ce que la possible présence d'une émission à amplification Raman stimulée rétro-réfléchi n'empêche pas le fonctionnement correct des détecteurs LOS.

Appendice I

Exemples d'architectures APR pour les systèmes (y compris les systèmes à amplification Raman) utilisant un canal OAC

I.1 Considérations sur l'utilisation d'un OAC au lieu d'une impulsion de redémarrage pour un redémarrage automatique

La procédure de coupure automatique du laser (ALS) décrite au § II.2 a été initialement définie au cours de la période 1988-1990. Une partie essentielle de la procédure ALS vise l'émission fréquente d'une courte impulsion (2 s) fonctionnant à pleine puissance optique d'émission, dont le but est de redémarrer les émetteurs et par conséquent les récepteurs des deux côtés de la liaison coupée. Selon les règles de la CEI alors en vigueur, un système recourant à des interfaces optiques conformes à la Rec. UIT-T G.957 devenait sûr lorsque la procédure ALS ci-dessus était appliquée.

Depuis lors, la publication CEI 60825-1 a été modifiée et, en outre, une technique d'amplification optique à des niveaux de puissance de sortie croissants a été mise en application. En particulier, des systèmes dotés d'amplificateurs Raman sont exploités à des niveaux de puissance optique considérablement supérieurs au niveau de risque 1M.

Comme il est précisé au § 6.1 et à l'Appendice II, on ne considère plus comme approprié pour une technique transversalement compatible de recourir à une procédure de redémarrage au moyen d'impulsions fréquemment émises, avec une pleine puissance de fonctionnement, étant donné les prescriptions de sécurité de la CEI révisées.

D'autres façons de lancer un redémarrage ont donc été étudiées. Une méthode consiste à utiliser un canal optique auxiliaire (OAC) pour vérifier la connectivité de la liaison.

Une implémentation courante d'un OAC est un canal optique de surveillance (OSC). Étant donné qu'un canal OSC fonctionne généralement à un niveau de puissance optique sûr (niveau de risque 1 ou 1M), on peut le garder en exploitation sur la fibre après avoir réduit la puissance à un niveau sûr. Le rétablissement de la communication OSC indique que la continuité de la liaison est entièrement rétablie, le système pouvant ensuite être ramené à sa pleine puissance d'exploitation. On est ainsi certain que cette puissance n'est présente que dans une configuration entièrement fermée garantissant la sécurité optique.

NOTE 1 – L'utilisation du canal OSC présente un inconvénient, à savoir qu'en cas de défaillance de ce canal, il n'y a pas de redémarrage automatique. Il n'y aura cependant pas de retombée sur la sécurité du système.

À l'heure actuelle, la présence du canal OSC sur une liaison à compatibilité associative n'est pas indispensable. Par contre, un canal OSC est souvent présent dans les configurations IaDI (interface intradomaniale), qui ont un caractère exclusif. On trouvera donc dans le présent appendice plusieurs exemples de procédures APR dans lesquels le canal OSC sert à redémarrer un système après qu'une solution de continuité s'est produite à l'intérieur d'une fibre optique.

Une autre implémentation possible d'un OAC consiste à faire fonctionner le système sur l'OTS affecté à une puissance (de sécurité) réduite dès la survenance de la solution de continuité. Au moyen d'un détecteur dédié, spécialement conçu pour détecter de faibles niveaux de puissance optique, on peut contrôler et donc vérifier la continuité d'une liaison. Une fois la continuité confirmée, ce détecteur déclenchera un redémarrage du système. À cet égard, on observera que le fonctionnement à une puissance optique réduite peut être soit à niveau constant, soit par impulsions aussi longtemps qu'on se situe en deçà du niveau de risque 1M (ou 3B pour les lieux à accès surveillé).

NOTE 2 – Il faut veiller à ce que la possible présence d'une émission à amplification Raman stimulée rétro-réfléchie n'empêche pas le fonctionnement correct des détecteurs LOS.

I.2 Description de la procédure de réduction automatique de puissance au moyen du canal OSC à copropagation

La Figure I.1 représente une configuration multicanal dans laquelle, dans la liaison supérieure, en plus du canal de "trafic", un canal OSC, appelé OSC-WE, va également du multiplex ouest vers le multiplex est et, dans la liaison inférieure, un canal OSC, appelé OSC-EW, va du multiplex est vers le multiplex ouest. Dans cet exemple, la configuration susmentionnée est désignée sous le nom de configuration en copropagation.

Si une solution de continuité se produit au point A de la section OTS indiquée à la Figure I.1, le défaut LOS-P (charge utile LOS) et ainsi que le défaut LOS-O (en-tête LOS) seront observés à l'interface de réception R2. Ensuite, conformément à la procédure APR décrite au § 6.2, la puissance optique à l'interface d'émission T2 devrait être suffisamment réduite pour correspondre au niveau de risque approprié. Lorsque l'on utilise également des amplificateurs Raman à pompage de retour, il faudrait aussi réduire la puissance réinjectée dans la liaison supérieure à partir de l'interface de réception R2. Simultanément, le canal OSC-EW devrait envoyer un signal à l'interface de réception R1 pour indiquer qu'à l'interface d'émission T1, la puissance optique devrait être réduite en conséquence. Les puissances aux interfaces T1 et T2 devraient être réduites dans un délai donné, qui dépend de plusieurs paramètres, dont la puissance d'exploitation observée dans les fibres, le diamètre des fibres et la longueur d'onde. Des précisions sont données dans la publication CEI 60825-1. Il convient de noter qu'à l'interface de réception R1, on observera également le défaut LOS-P, mais pas le défaut LOS-O et que, par conséquent, il n'est pas nécessaire de réduire la puissance éventuellement pompée vers l'arrière par les amplificateurs Raman dans la liaison inférieure à l'interface de réception R1.

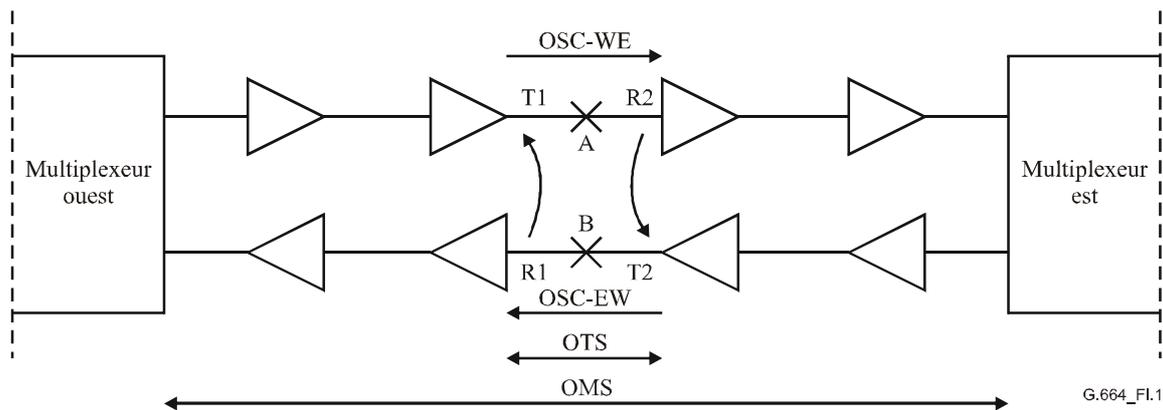


Figure I.1/G.664 – Description de la capacité APR en cas de solution de continuité dans un câble dans une configuration dotée d'un canal OSC à copropagation

Dès que la continuité du câble à fibres optiques est rétablie au point A, le défaut LOS-O disparaît à l'interface de réception R2 et la communication sur le canal OSC sera entièrement rétablie, une connectivité totale étant alors garantie. La puissance à l'interface d'émission T2 et le pompage de retour éventuellement présent à l'interface de réception R2 peuvent être immédiatement rétablis tandis que le canal OSC-EW envoie un signal à R1 pour lui indiquer que la puissance à l'interface d'émission T1 peut également être rétablie. Une solution de continuité dans un câble à fibres est un phénomène identique qu'elle se produise au point B (voir Figure I.1) ou au point A.

Lorsqu'une solution de continuité se produit simultanément dans les deux directions (aux points A et B), aux deux interfaces de réception R1 et R2, on observe les défauts LOS-P et LOS-O, ce qui déclenche immédiatement une réduction de la puissance aux deux interfaces T1 et T2 et de la puissance de pompage de retour aux deux interfaces R1 et R2. Dans tous les cas, la puissance optique associée au canal OSC est maintenue.

Ordre des opérations/événements:

- 1) solution de continuité au point A;
- 2) défauts LOS-O et LOS-P observés en R2;
- 3) réduction de la puissance en T2 AINSI QUE réduction de la puissance de pompage de retour en R2 ET signalisation par le canal OSC-EW d la solution de continuité en direction de R1;
- 4) défaut LOS-P ET réception du message par le canal OSC-EW à R1;
- 5) le défaut LOS-P OU la réception du message par le canal OSC-EW à R1 déclenche la réduction de puissance à T1;
- 6) réduction de la puissance de la liaison à un niveau sûr;
- 7) rétablissement de la continuité de la liaison au point A;
- 8) suppression du défaut LOS-O en R2, ce qui indique le rétablissement total des liaisons OSC-WE et EW et confirme la continuité de la liaison;
- 9) rétablissement de la puissance de pompage de retour en R2 AINSI QUE de la puissance vers l'avant en T2 ET signalisation, au multiplex ouest par le canal OSC-EW, du rétablissement de la continuité de la liaison;
- 10) suppression du défaut LOS-P en R1 ET réception à R1 du message de réparation transmis par le canal OSC-EW;
- 11) rétablissement de la puissance vers l'avant en T1;
- 12) suppression du défaut LOS-P en R2;
- 13) rétablissement total de la liaison.

I.3 Description de la procédure de réduction automatique de puissance utilisant le canal OSC à contre-propagation

La Figure I.2 représente une configuration multicanal dans laquelle, dans la liaison supérieure, en plus du canal de "trafic", un canal OSC, appelé OSC-EW est présent sur la liaison. Contrairement à la configuration décrite à la Figure I.2, ce canal OSC va dans la direction opposée, c'est-à-dire du multiplex est vers le multiplex ouest. Dans la liaison inférieure, un canal OSC, appelé OSC-WE, va du multiplex ouest vers le multiplex est, également dans une direction opposée à celle du trafic. Dans cet exemple, la configuration susmentionnée est désignée sous le nom de configuration en contre-propagation.

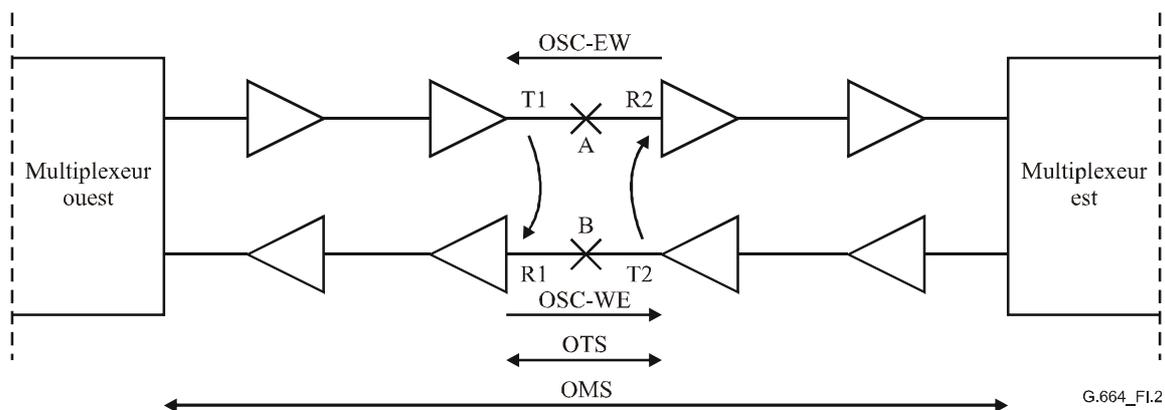


Figure I.2/G.664 – Description de la capacité APR en cas de solution de continuité dans un câble dans une configuration dotée d'un canal OSC à contre-propagation

Si une solution de continuité se produit au point A de la section OTS indiquée à la Figure I.2, le défaut LOS-P (charge utile LOS) est observé à l'interface de réception R2 et le défaut LOS-O (en-tête LOS) est observé à l'interface d'émission T1. Dans ce cas, la puissance optique à l'interface d'émission T1 et la puissance de pompage de retour éventuellement présente en R2 devraient être suffisamment réduites pour correspondre au niveau de risque approprié. La liaison supérieure est alors sûre et il n'est pas nécessaire de couper la liaison inférieure, car chaque liaison peut être gérée séparément.

Les puissances en T1 et R2 devraient être réduites dans un délai donné, qui dépend de plusieurs paramètres dont la puissance d'exploitation dans les fibres, le diamètre des fibres et la longueur d'onde. On trouvera des précisions dans la publication CEI 60825-1.

Dès que la continuité du câble à fibres est rétablie, le défaut LOS-O disparaît à l'interface d'émission T1 et la communication sur le canal OSC de la liaison supérieure est entièrement rétablie. Une connectivité totale est alors garantie, ce qui sera communiqué, du multiplex ouest au multiplex est, par le canal OSC-WE de la liaison inférieure. La puissance à l'interface d'émission T1 et le pompage de retour éventuellement présent à l'interface de réception R2 peuvent être immédiatement rétablis.

Une solution de continuité dans un câble à fibres est un phénomène identique qu'elle se produise au point B (voir Figure I.2) ou au point A.

Lorsqu'une solution de continuité se produit simultanément dans les deux directions (aux points A et B), on observe aux deux interfaces de réception R1 et R2 le défauts LOS-P, et aux deux interfaces d'émission T1 et T2 le défaut LOS-O, ce qui déclenche immédiatement une réduction de la puissance aux deux interfaces T1 et T2 et de la puissance de pompage de retour aux deux interfaces R1 et R2. Dans tous les cas, la puissance optique associée au canal OSC est maintenue.

Ordre des opérations/événements:

- 1) solution de continuité au point A;
- 2) défaut LOS-O observé en T1 et défaut LOS-P observé en R2;
- 3) réduction de la puissance en T1 ET réduction de la puissance de pompage de retour en R2;
- 4) puissance de la liaison réduite à un niveau sûr;
- 5) rétablissement de la continuité de la liaison au point A;
- 6) suppression du défaut LOS-O en T1, ce qui indique le rétablissement total de la liaison OSC-EW et confirme la connectivité de la liaison;
- 7) rétablissement de la puissance vers l'avant en T1 et signalisation, au multiplex est par le canal OSC-WE, du rétablissement de la continuité de la liaison à fibres;
- 8) rétablissement de la puissance de retour en R2;
- 9) suppression du défaut LOS-P en R2;
- 10) rétablissement total de la liaison.

Appendice II

Description des procédures ALS/APSD pour les systèmes SDH monocanaux point à point

II.1 Introduction

La procédure de coupure automatique du laser (ALS) décrite dans le présent appendice était exposée dans le corps de la première version de la présente Recommandation. En raison des modifications apportées depuis 1984 aux publications CEI 60825-1 et 2, la procédure ALS n'assure plus la sécurité optique comme il était prévu à l'origine. En particulier, l'utilisation d'une impulsion répétitive pour redémarrer le système n'est plus considérée comme appropriée pour les motifs indiqués ci-après. Par ailleurs, les niveaux de puissance optique définis dans la Rec. UIT-T G.957 correspondent tous au niveau de risque de la catégorie 1 (sécurité totale) et ceux qui sont spécifiés dans la Rec. UIT-T G.691 correspondent tous au niveau de risque 1M ainsi qu'au précédent niveau de risque 3A (sécurité sans aides à la visualisation).

Comme elle a été largement utilisée dans les équipements terminaux à hiérarchie numérique synchrone (SDH) au cours de ces dernières années, la procédure ALS est mentionnée au § II.2 pour des raisons historiques. En outre, une procédure ALS modifiée destinée aux amplificateurs de ligne est décrite au § II.3. Dans ce cas, des impulsions de redémarrage plus longues sont utilisées, ce qui rend la procédure encore moins adéquate.

La procédure ALS a été initialement définie en 1989 à partir d'une version de la publication CEI 60825 datant de 1984. Les niveaux de puissance optique alors définis dans la Rec. UIT-T G.957 pour les fenêtres de 1310 nm et de 1550 nm étaient considérés comme supérieurs au niveau de risque 1.

Depuis lors, la publication CEI 60825-1 a été modifiée, la dernière version officielle étant l'édition 1.2 (2001-08).

En particulier pour les impulsions de redémarrage de 2,25 secondes, les limites d'émission accessibles (AEL, *accessible emission limits*) ont été modifiées dans la plage des durées d'exposition pertinentes (0,35 à 10 s).

A partir de la formule indiquée dans la publication CEI 60825-1, on peut calculer que pour un système de 1550 nm utilisant la coupure automatique du laser et indiquant un niveau de risque 1, la puissance optique maximale émise pendant une impulsion de redémarrage de 2,25 secondes peut être supérieure de 1,7 dB "seulement" au niveau de risque 1 pour une puissance continue. Si la puissance de l'impulsion de redémarrage (qui peut être égale à la pleine puissance d'exploitation) dépasse cette valeur, le niveau de risque du système dépassera le niveau 1, c'est-à-dire qu'il peut atteindre le niveau 1M. Cela signifie que l'utilisation de la procédure ALS dans ce cas ne réduit le niveau de risque que d'une marge très limitée de 0 à 1,7 dB au-dessus du niveau de risque 1 correspondant à une puissance continue.

Par exemple, un système SDH utilisant un suramplificateur d'une puissance de sortie de +16 dBm (niveau de risque 1M ou niveau 3A précédent) aura encore un niveau 1M lorsque la coupure automatique du laser sera appliquée. Ainsi le niveau de risque ne sera pas plus faible lorsque l'on utilise la procédure ALS dans ce cas.

Un autre exemple plus précis concerne les codes d'application U-16.2 et V-64.2b définis dans la Rec. UIT-T G.691, la gamme de puissances de sortie de l'émetteur étant définie comme étant comprise entre +12 et +15 dBm. Cela correspond au niveau de risque 1M avec et sans coupure automatique du laser.

Toutefois dans le cas de systèmes monocanaux ayant des niveaux élevés de puissance d'exploitation (jusqu'à la classe 3B), le recours à la procédure ALS peut réduire le niveau de risque 1M (à condition que les prescriptions énoncées dans la publication CEI 60825-2 concernant la coupure et le redémarrage soient respectées).

II.2 Systèmes SDH monocanaux point à point sans amplificateurs de ligne

Le présent paragraphe décrit une procédure de coupure automatique du laser et de redémarrage (ALS) destinée aux systèmes SDH multicanaux et initialement conçue pour assurer la sécurité optique sur les interfaces optiques SDH à compatibilité associative. La mise en œuvre de cette procédure en présence d'amplificateurs de lignes optiques supplémentaires est décrite au § II.3.

NOTE 1 – Ainsi qu'il est mentionné au § II.1, un niveau de risque inférieur n'est généralement pas assuré en raison de la pleine puissance d'exploitation d'une impulsion de redémarrage. Lorsque l'on applique la procédure ALS, le niveau de risque exact dépend de plusieurs paramètres dont la puissance d'exploitation dans les fibres, le diamètre des fibres et la longueur d'onde. On trouvera des précisions dans la publication CEI 60825-1.

La procédure ALS comprend deux parties, une partie coupure et une partie redémarrage. Une coupure "complète" sert déclencher un LOS dans les récepteurs concernés. La définition de la partie redémarrage est en particulier importante dans le cas d'interfaces à compatibilité associative (deux fournisseurs d'équipements différents aux extrémités de la liaison). Dans la procédure ALS, on se sert d'une courte impulsion de redémarrage transmise à des intervalles réguliers à sa pleine puissance optique d'exploitation pour vérifier si la liaison a été réparée. Une pleine puissance d'exploitation est nécessaire pour supprimer les défauts LOS dans les récepteurs concernés.

NOTE 2 – La procédure ALS exposée dans le présent paragraphe, en particulier en ce qui concerne les constantes de temps connexes, ne peut fonctionner correctement que si aucun équipement supplémentaire n'est présent entre les points MPI-S et MPI-R de l'interface de trajet principal (voir Figure II.2).

Dans sa configuration la plus simple, un système SDH monocanal comprend par exemple deux équipements d'extrémité (est et ouest) et une chaîne de régénérateurs (Figure II.1). On suppose que les interfaces optiques entre ces équipements d'extrémités et ces régénérateurs sont conformes à la Rec. UIT-T G.957. Le système peut par ailleurs comporter des suramplificateurs optiques et des préamplificateurs qui améliorent le rendement énergétique de ces interfaces.

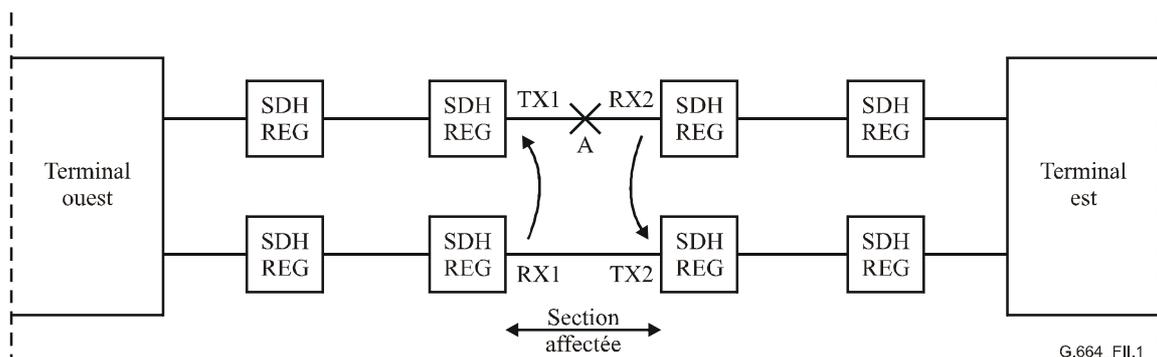


Figure II.1/G.664 – Détail du fonctionnement ALS en cas de solution de continuité dans un câble dans une chaîne de régénérateurs SDH

La Figure II.2 illustre la configuration de référence d'une seule section de ce montage.

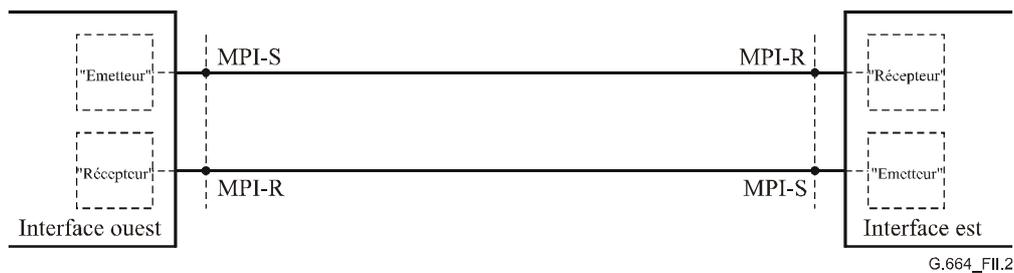


Figure II.2/G.664 – Description de la capacité ALS: configuration de référence

A la Figure II.2, "l'émetteur" peut être un émetteur conforme à la Rec. UIT-T G.957 (spécifié au point de référence S) ou comprendre une amplification optique qui permet d'accroître la puissance de sortie (émetteur à amplification optique ou suramplificateur combinés, avec adaptation de l'équipement selon la Rec. UIT-T G.957). Par ailleurs, le "récepteur" peut être soit un récepteur conforme à la Rec. UIT-T G.957 (spécifié au point de référence R) ou comprendre une préamplification optique (récepteur à amplification optique ou préamplificateur combinés, avec adaptation de l'équipement selon la Rec. UIT-T G.957). Les interfaces "ouest" et "est" peuvent faire partie des équipements d'extrémité ou des régénérateurs électriques.

Lorsqu'une solution de continuité se produit au point A de la Figure II.1, le défaut de perte de signal (dLOS, *loss of signal defect*) que l'on observe alors au niveau du récepteur "conventionnel" RX₂ sert à déclencher la coupure de l'émetteur "conventionnel" TX₂ qui est l'équipement associé en sens inverse. On observe alors un dLOS au niveau du récepteur "conventionnel" RX₁, qui à son tour provoque la coupure de l'émetteur "conventionnel" TX₁. Après la mise hors tension, la puissance de sortie de l'émetteur est suffisamment basse pour entraîner un dLOS au niveau du récepteur. La définition de la perte de signal est donnée dans la Rec. UIT-T G.783. Dans tous les cas, seule la section concernée peut être mise hors tension (Figure II.1).

Après au moins 500 ms de présence continue du défaut de perte de signal, la commande de coupure est effectivement activée, et l'on observe alors une réduction de la puissance de sortie optique au niveau du point MPI-S dans un délai de 800 ms à compter de la perte du signal optique au point MPI-R.

NOTE 3 – La coupure totale des émetteurs "conventionnels" n'est pas requise en vertu de la publication CEI 60825-2, mais elle est nécessaire dans ce cas (autrement, la perte de signal pourrait ne pas être détectée au niveau du récepteur "conventionnel"). La puissance de sortie résiduelle des amplificateurs optiques concernés après coupure des émetteurs "conventionnels" devra respecter le niveau de risque 1M pour ce qui est des installations d'accès restreint, et il convient de noter ici que cette disposition n'exclut aucunement une réduction au niveau de risque 1 (ni la possibilité de mise hors circuit complète).

On suppose que les suramplificateurs optiques fonctionnent en configuration maître/esclave, c'est-à-dire que la sortie est coupée lorsque le signal d'entrée disparaît et que la sortie est rétablie lorsque le signal d'entrée est de nouveau présent. Il n'est pas nécessaire de couper la sortie du préamplificateur lorsque cet équipement présente un niveau de risque 1 ou 1M dans des conditions raisonnablement prévisibles au sens de la publication CEI 60825-2.

La Figure II.3 expose sous forme d'un diagramme conceptuel la procédure de coupure automatique du laser et de redémarrage. Il convient de noter que cette figure n'est pas un diagramme d'état. Le détail des temps de réaction connexes est donné à la Figure II.4.

NOTE 4 – Une coupure automatique du laser ne doit pas être incompatible avec la capacité de localisation des défauts par section en cas de perte de signal, occasionnée au niveau de l'émetteur ou du récepteur, par d'autres causes qu'une rupture de câble.

Lorsque la continuité est rétablie, il est nécessaire de restaurer la transmission au niveau de l'émetteur 1 ou de l'émetteur 2 (Figure II.3) de façon automatique ou manuelle. Le redémarrage d'un système mis hors tension se fait par déclenchement d'une impulsion de réinitialisation (niveau de risque 1M, niveau de risque 1 non exclu) qui permet de minimiser le risque d'exposition à des niveaux de puissance excessifs.

NOTE 5 – On ne doit pas en déduire que le redémarrage automatique et le redémarrage manuel doivent être déclenchés en même temps.

NOTE 6 – Dans la Figure II.3, le temps de réaction minimal entre les impulsions de réinitialisation est de 100 secondes; toutefois dans un souci de rétrocompatibilité avec des Recommandations qui ne sont plus en vigueur, on peut observer un temps de réaction minimal de 60 secondes si la puissance optique de l'impulsion de réinitialisation est inférieure de 3 dB à celle autorisée pour le temps de réaction minimal de 100 secondes. Aux termes de la publication CEI 60825, l'énergie totale de toutes les impulsions comprises dans une durée de 100 secondes doit être prise en ligne de compte pour calculer le niveau de risque.

Le temps de réactivation de la combinaison "émetteur"/"récepteur" (Figure II.1), c'est-à-dire le décalage entre l'entrée "récepteur" (point MPI-R) et la sortie émetteur (point MPI-S) doit être inférieur à 0,85 seconde. Ce temps de réaction de 0,85 seconde correspond au temps qui s'écoule entre l'instant où la lumière pénètre dans le "récepteur" au point MPI-R et l'instant où l'"émetteur" commence à émettre au point MPI-S lorsque l'"émetteur" était hors circuit. La réinitialisation des amplificateurs optiques doit être suffisamment lente (dans les limites du temps d'activation), de telle sorte que les surcharges optiques soient évitées, dans la mesure du possible.

La valeur maximale du temps de désactivation des suramplificateurs et des préamplificateurs sera de 100 ms. La durée maximale d'activation d'un suramplificateur et d'un préamplificateur sera respectivement de 100 ms et 300 ms.

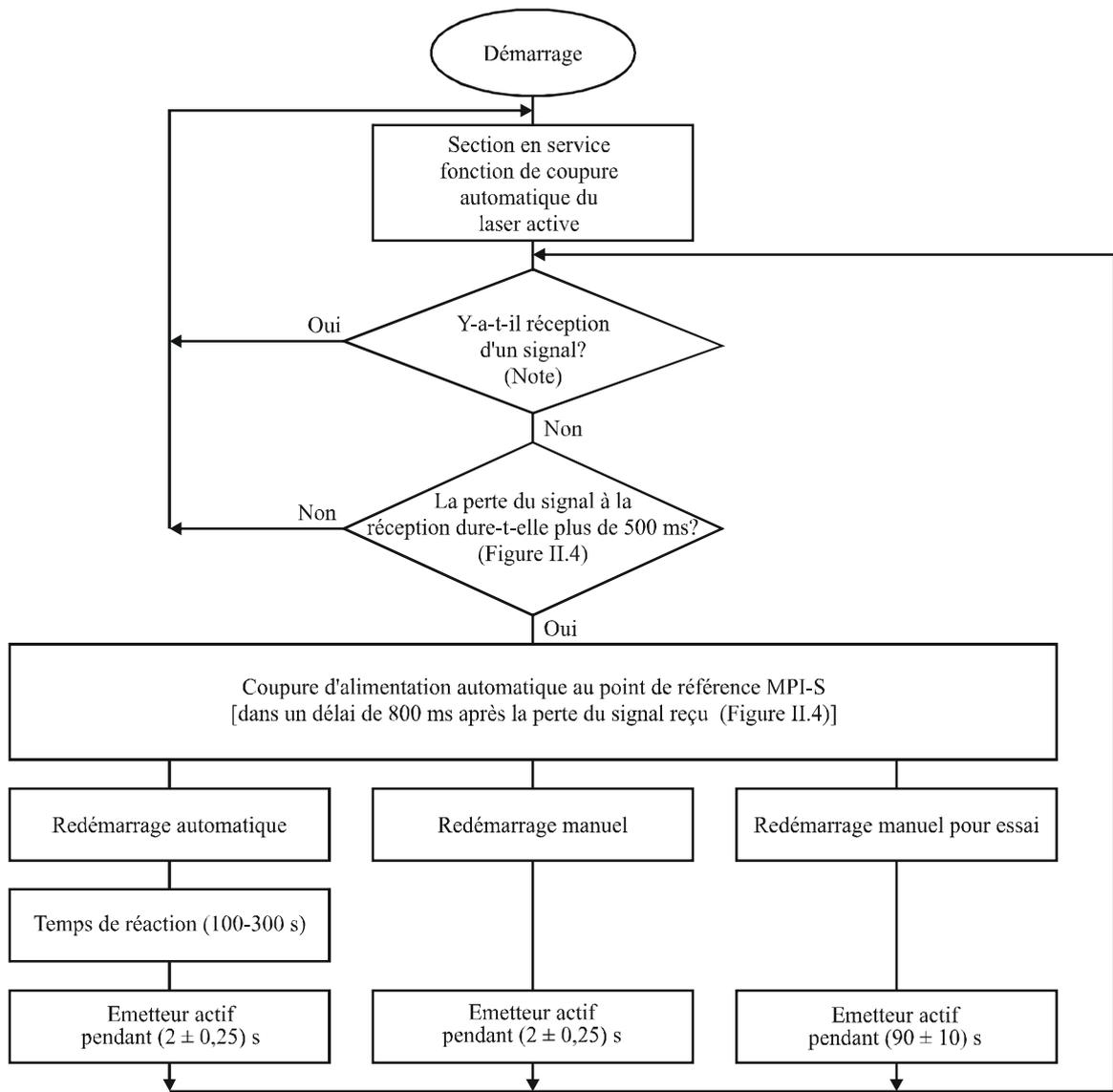
Les différentes constantes de temps sont résumées dans le Tableau II.1.

Pour les opérations d'essai et le contrôle, on peut désactiver les mécanismes de coupure en procédant à une commutation manuelle du laser.

NOTE 7 – Pendant les opérations de "redémarrage manuel pour essai", on prendra soin de vérifier la connectivité pour éviter toute exposition à des niveaux optiques dangereux, tout particulièrement dans le cas d'équipements de niveau de risque 3B fonctionnant dans des emplacements d'accès restreint. En outre, afin d'éviter une surexposition accidentelle, il est recommandé d'observer un délai suffisant, par exemple 100 secondes, entre les deux impulsions de réinitialisation manuelle.

Les opérations "Redémarrage manuel" ou "Redémarrage manuel pour essai" ne peuvent être déclenchées que lorsque le laser est coupé.

Dans le cas d'une commutation de protection dans le domaine électrique (par exemple MSP ou MSSPRING), le récepteur d'un canal en service doit couper l'émetteur d'un canal en service. De même, le récepteur d'un canal de protection doit couper l'émetteur d'un canal de protection.



G.664_FII.3

NOTE – La fonction de "Y-a-t-il réception d'un signal?" est également active lorsque l'émetteur est coupé.

Figure II.3/G.664 – Coupure automatique du laser et redémarrage, y compris procédure facultative de test

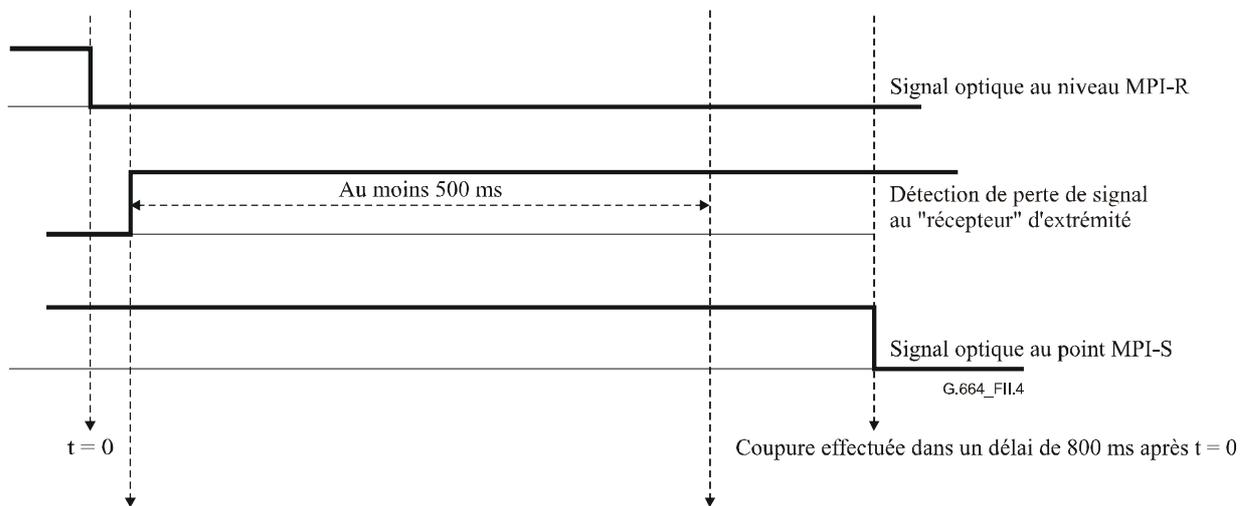


Figure II.4/G.664 – Détail des temps de réaction relatifs à la procédure de coupure

Tableau II.1/G.664 – Constantes de temps pour la coupure automatique

Constante de temps	Points de référence	Valeur	Note
Temps de réaction à la réactivation du terminal	MPI-R à MPI-S	850 ms max.	
Temps de désactivation du terminal	MPI-R à MPI-S	(500-800) ms	1
Temps de désactivation du suramplificateur	R' à MPI-S	100 ms max.	
Temps d'activation du suramplificateur	R' à MPI-S	100 ms max.	2
Temps de désactivation du préamplificateur	MPI-R à S'	100 ms max.	2
Temps d'activation du préamplificateur	MPI-R à S'	300 ms max.	2
Durée d'impulsion pour le redémarrage manuel ou automatique	Pas applicable	(1,75-2,25) s	
Temps de récurrence de l'impulsion pour un redémarrage automatique	Pas applicable	(100-300) s	
NOTE 1 – La condition de perte de signal s'applique même en présence de l'élément ASE.			
NOTE 2 – Les points de référence S' et R' sont spécifiés dans la Rec. UIT-T G.662.			

II.3 Système SDH point à point monocanal avec amplificateurs de lignes

Dans certains cas spécifiques (systèmes SDH point à point à un seul canal), on insère des amplificateurs de lignes optiques entre les terminaux SDH conventionnels et les régénérateurs (ces équipements s'ajoutent donc aux surgénérateurs et aux préamplificateurs) pour accroître encore la distance physique entre ces équipements d'extrémité et les régénérateurs. La Figure II.5 illustre la configuration de référence de ce type d'application. Dans ce cas, les amplificateurs de ligne sont également en configuration maître/esclave (au § II.2).

Pour des raisons de rétrocompatibilité avec des Recommandations qui ne sont plus en vigueur, les techniques décrites ici assurent également la sécurité d'exploitation des systèmes SDH à amplificateurs de ligne optique dont les niveaux de puissance en service correspondent au niveau de risque 3B (installations d'accès restreint).

En cas de solution de continuité entre les points MPI-S et MPI-R (voir Figure II.5), on met hors circuit non seulement la section concernée mais également les sections comprises entre les points MPI-S et MPI-R. Les amplificateurs de ligne sont caractérisés par des temps d'activation et de désactivation spécifiques (valeurs maximales de respectivement 300 ms et 100 ms). En conséquence, les constantes de temps de coupure et de réinitialisation spécifiées au § 6.2 ne sont plus suffisantes pour assurer le bon déroulement de la procédure de coupure automatique.

Pour éviter toute exposition à des niveaux de puissance optique dangereux, tous les amplificateurs (surgénérateurs et amplificateurs de lignes) doivent présenter des temps de désactivation suffisamment courts pour que tous les amplificateurs compris entre les points MPI-S et MPI-R puissent être coupés dans un délai de 3 s à compter de l'interruption effective de la connexion.

NOTE 1 – Selon la puissance d'exploitation réelle, la coupure pourrait ne pas être suffisamment rapide (délai de coupure de 3 secondes antérieurement défini). Il est recommandé de procéder à une vérification en fonction de la publication CEI 60825-1.

Pour le redémarrage automatique de systèmes SDH à amplificateurs de lignes qui ont été coupés, il peut être nécessaire que l'impulsion de redémarrage (définie au § II.2) dépasse le maximum de 2,25 secondes (valeur type: $9 \pm 0,5$ s), la valeur réelle dépendant du nombre d'amplificateurs de lignes présents. La nouvelle valeur de l'impulsion de réinitialisation dépendra du nombre effectif et de la puissance de sortie des amplificateurs de lignes rajoutés, mais cette question est considérée comme extérieure au domaine d'application de la présente Recommandation. En tout état de cause, l'impulsion de redémarrage présentera un niveau de risque 1M dans le cas de lieux à accès restreint.

NOTE 2 – Le niveau effectif de puissance correspondant au niveau de risque 1M dépend de la durée de l'impulsion de redémarrage: la puissance peut être plus élevée lorsque l'impulsion est très brève.

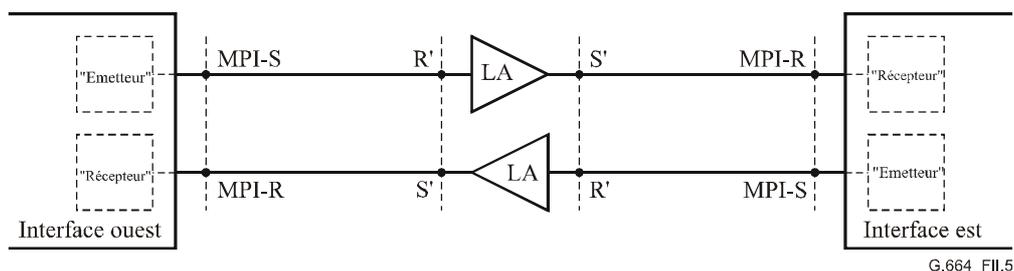


Figure II.5/G.664 – Description de la capacité ALS lorsque des amplificateurs de lignes sont présents: configuration de référence

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de prochaine génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication