

RECOMMANDATION UIT-R F.753*

**MÉTHODES ET CARACTÉRISTIQUES PRÉFÉRÉES POUR LA SURVEILLANCE
ET LA PROTECTION DES FAISCEAUX HERTZIENS NUMÉRIQUES**

(1992)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il est nécessaire d'assurer une surveillance des faisceaux hertziens numériques;
- b) que les systèmes de commutation sur équipement de secours destinés à améliorer la disponibilité des faisceaux hertziens numériques et à en faciliter la maintenance sont à l'étude;
- c) que les techniques de surveillance et de protection peuvent s'appliquer au-delà des frontières;
- d) que les principes de surveillance des faisceaux hertziens numériques devraient tenir compte des considérations relatives à la maintenance globale des réseaux numériques exposées dans les Recommandations UIT-T M.20 et UIT-T M.30;
- e) que la qualité globale de fonctionnement et la disponibilité globale peuvent être influencées par les méthodes de surveillance et de protection;
- f) que, pour les faisceaux hertziens numériques qui font partie intégrante des réseaux à hiérarchie numérique synchrone (SDH) il convient de tenir compte des Recommandations UIT-T G.784 et UIT-T G.773 et des Recommandations UIT-R F.750 et UIT-R F.751,

recommande

1. d'adopter les méthodes et les caractéristiques préférées pour la surveillance et la protection des faisceaux hertziens numériques figurant en Annexe 1;
2. de faire en sorte que, dans la mesure du possible, ces méthodes et ces caractéristiques reflètent les principes de conception et de maintenance recommandées par l'UIT-T pour les réseaux numériques.

ANNEXE 1

1. Principes de surveillance préférés

L'introduction d'équipements de télécommunications numériques dotés de fonctions d'opérations de maintenance plus performantes, incluant un dispositif de renvoi d'information et de commande à distance, offre de nouvelles possibilités de centralisation. La centralisation peut offrir de nombreux avantages, dont les suivants:

- une amélioration de la qualité de service;
- une amélioration de la disponibilité des systèmes de transmission et de commutation;
- une utilisation plus efficace des données et des bases de données;
- une efficacité améliorée de la maintenance, une réduction des coûts de maintenance;
- une intégration des installations de transmission par fibre optique.

* La Commission d'études 9 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2000 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

Note 1 – La possibilité d'utiliser des terminaux distants donne à l'administration une latitude plus grande en ce qui concerne l'affectation de son personnel technique entre les emplacements locaux et la position centrale. Etant donné ces avantages, il est recommandé de prendre en considération les possibilités de maintenance et autres facilités d'opérations centralisées lorsqu'il s'agira de spécifier de nouveaux systèmes et équipements de télécommunications.

Les principes généraux d'établissement, d'exploitation et de maintenance d'un réseau de gestion des télécommunications (RGT) pour la maintenance centralisée et d'autres opérations sont stipulés dans la Recommandation UIT-T M.30.

2. Principes de protection – Qualité et disponibilité

Dans les conditions normales du réseau, les renseignements sur la qualité doivent être recueillis à partir des entités de maintenance de manière continue ou périodique. Ces données peuvent servir à déceler des conditions de dérangement graves qui génèrent des alarmes. Des analyses plus poussées peuvent révéler des dégradations subtiles qui engendrent des informations de maintenance.

Après l'apparition d'un dérangement dans le réseau, un certain nombre de phases de maintenance sont nécessaires pour corriger ce dérangement et protéger, si possible, le trafic affecté par le dérangement s'il a été interrompu.

Pour de plus amples informations sur les principes de maintenance et les définitions associées, on se reportera à la Recommandation UIT-T M.20 et en particulier à la Fig. 6 qui donne la liste des phases de maintenance dans les conditions normales et en cas de défaillance dans une entité de maintenance.

2.1 Mesure de la qualité

Le choix d'un mécanisme de mesure dépend des impératifs de «qualité du service» vue par les abonnés, ainsi que de la performance technique du réseau et de la nature de l'équipement. Pour de plus amples informations sur la disponibilité et sur la fiabilité, on se reportera à la Recommandation UIT-T G.106.

Si nécessaire, plusieurs mécanismes peuvent être utilisés dans le même équipement.

2.2 Détection des défaillances

Les défaillances doivent être détectées par l'opérateur, indépendamment de l'abonné et de préférence avant lui, c'est-à-dire que la majorité des défaillances soient à la fois détectées et corrigées sans que l'abonné en ait connaissance.

Les défaillances sont classées selon leur nature et peuvent être rangées en différentes catégories selon leur gravité. L'information d'alarme de maintenance correspondante est alors transmise aux entités appropriées.

2.3 Protection du système

Quand une défaillance s'est produite ou que le fonctionnement est dégradé, un signal doit être émis, ce signal doit contenir les informations nécessaires pour assurer la commutation de protection et les fonctions de maintenance.

Une méthode particulière de protection est recommandée pour les systèmes de transmission par faisceau hertzien dans lesquels le rétablissement manuel ou automatique est effectué sur la base d'entités de maintenance:

- a) Si une défaillance se produit sur des entités de maintenance n'ayant pas la possibilité de passer automatiquement sur une liaison de réserve ou ayant cette possibilité, mais sans aucune réserve de disponible, les mesures suivantes devront être prises:
 - provoquer une indication immédiate d'alarme de maintenance permettant d'isoler l'entité de maintenance où se trouve l'équipement défectueux;
 - transmettre un signal d'indication d'alarme (SIA) en aval et une indication de défaillance (IDA) à l'équipement en amont;
 - donner une indication d'alarme de service aux entités appropriées.

- b) Si une défaillance se manifeste sur une entité de maintenance ayant la possibilité de passer sur une liaison de réserve qui est disponible, les mesures suivantes devront être exécutées automatiquement:
- passer sur la liaison de réserve;
 - donner une indication d'alarme de maintenance à l'entité de maintenance contenant l'équipement défaillant.

2.4 Transfert d'information sur les défaillances et sur la qualité de fonctionnement

En cas de défaillance, de fonctionnement inacceptable ou dégradé, des informations sont normalement communiquées au personnel chargé de la maintenance, et les autres parties du réseau en sont avisées lorsque cela est nécessaire.

Les informations destinées au personnel sont disponibles soit au niveau de l'entité elle-même lorsque le traitement des anomalies ou des fautes est interne, soit par l'intermédiaire de l'unité qui assure le traitement, s'il s'agit d'un traitement externe.

2.4.1 Catégories d'informations d'alarme

Les informations d'alarme suivantes peuvent être associées aux informations de défaillance, de fonctionnement inacceptable ou dégradé (voir la Recommandation UIT-T M.20):

a) *Alarme de maintenance immédiate (AMI)*

Une alarme de maintenance immédiate est engendrée afin d'entreprendre en principe immédiatement les actions nécessaires pour retirer du service un équipement défectueux, rétablir un service convenable et réparer l'entité de maintenance défaillante.

b) *Alarme de maintenance différée (AMD)*

Une alarme de maintenance différée est engendrée lorsqu'une intervention de maintenance immédiate n'est pas nécessaire, par exemple, lorsque la qualité se situe en dessous de la norme, mais que les conséquences n'en justifient pas la mise hors service ou, généralement, que le service est rétabli par passage automatique sur l'équipement de réserve.

c) *Information sur les événements de maintenance (IEM)*

Cette information doit être engendrée à la suite d'événements quand aucune action de maintenance immédiate n'est requise parce que la qualité totale n'est pas menacée. Les actions de maintenance peuvent être exécutées selon un programme ou après accumulation d'informations sur les événements de maintenance.

La Fig. 7 de la Recommandation UIT-T M.20 représente le processus d'information d'alarme dans le cas d'une entité de maintenance. Les AMI, AMD ou IEM peuvent être déclenchées au niveau de l'entité de maintenance, ou extérieurement. Dans le second cas, le processus d'information d'alarme permet d'adjoindre des informations provenant d'autres sources (autres entité de maintenance, données horaires, charge de trafic, etc.) aux données fournies dans le cadre du processus de supervision de mauvais fonctionnement, ce qui permet d'établir s'il y a lieu de transmettre une AMI, une AMD ou une IEM. A la réception du SIA ou de l'IDA, une entité de maintenance peut être appelée à produire une alarme de service (AS).

Le processus de supervision de mauvais fonctionnement et le processus d'information d'alarme, et notamment les AMI, AMD et IEM, peuvent également s'appliquer à des matériels autres que de télécommunications (par exemple: alimentation, régulation de température, etc.).

2.4.2 Autres indications de dérangement et de service

Afin d'éviter des actions de maintenance inutiles, et de signaler l'indisponibilité du service, on utilise les indications de dérangements suivantes qui sont décrites dans la Recommandation UIT-T M.20:

- signal d'indication d'alarme (SIA),
- alarme de service (AS),
- indication de défaillance à l'équipement en amont (IDA).

2.4.3 Transmission et présentation d'informations d'alarme

L'information de dérangement à l'interface d'alarme est utilisée pour déterminer l'entité de maintenance ou la partie d'entité de maintenance défaillante. L'information peut être présentée soit localement, soit à distance via un système de collecte d'alarmes.

Les alarmes peuvent être présentées comme:

- une indication à une interface d'alarme (par exemple, fonction de contact, signal à courant continu),
- un message d'alarme à l'interface homme/machine.

2.4.4 Information d'alarme à l'extrémité distante

Les équipements sources de signaux numériques multiplexés (multiplexeurs) peuvent, en cas de dérangement, transmettre des informations d'alarme dans un bit ou plusieurs bits spécifiés de la trame. Cette information permet une évaluation au terminal distant (à l'extrémité de la liaison numérique). Exemple: voir les Recommandations UIT-T G.704 (§ 2.3.2), UIT-T G.733 (§ 4.2.4) et UIT-T G.784.

2.5 Localisation des dérangements

Quand l'information initiale sur la défaillance est insuffisante pour localiser le dérangement dans une entité de maintenance défaillante, elle doit être complétée par des informations obtenues des moyens supplémentaires de localisation des dérangements. Ces moyens peuvent employer des systèmes d'essai internes ou externes à l'entité de maintenance, déclenchés manuellement ou automatiquement, à l'extrémité locale et/ou distante.

2.6 Délai logistique

Le délai logistique est le temps qui s'écoule entre la localisation du dérangement et l'arrivée du personnel de maintenance sur le site. Le délai logistique dépend du type de défaillance et de la façon dont elle est signalée c'est-à-dire par AMI, AMD ou IEM.

2.7 Relève des dérangements

La relève des dérangements exige normalement de changer ou de réparer une entité de maintenance ou une entité de suspension de maintenance ou partie d'entité de maintenance ou d'entité de suspension de maintenance. Un ou plusieurs dérangements peuvent être relevés au cours d'une visite du personnel de maintenance. Il est souhaitable que des stratégies soient développées pour exécuter des relèves de dérangement satisfaisant aux objectifs de maintenance globale, avec un nombre minimal de visites, en utilisant le concept de délai logistique.

Les dispositifs interchangeables défaillants seront envoyés à un centre de réparation spécialisé, où un équipement d'essai approprié est disponible (le système lui-même ne doit pas servir de machine d'essai).

2.8 Vérification

Après que le dérangement a été corrigé, des contrôles doivent être faits pour s'assurer que l'entité de maintenance fonctionne convenablement. La vérification peut être faite localement ou à distance.

2.9 Rétablissement du service

La partie rétablie de l'entité de maintenance ou de l'entité de suspension de maintenance est remise en service. Les entités de maintenance bloquées sont débloquées et l'on peut repasser de la liaison de réserve sur la liaison normale.

3. Méthodes et caractéristiques pour la protection

3.1 Considérations générales

L'équipement de commutation de secours est principalement caractérisé par:

- le service à fournir (amélioration de la disponibilité ou de la qualité, temps de commutation, etc.);
- le point auquel s'effectue la commutation;
- le(s) critère(s) de commutation à prendre en considération, par exemple les demandes non prioritaires ($TEB \geq 1 \times 10^{-6}$), prioritaires ($TEB \geq 1 \times 10^{-3}$), anticipées (activité de correction d'erreur), etc.;
- le mode de transmission des instructions de commutation.

3.2 Nécessité de la protection

La commutation de secours a pour principal objet d'améliorer la disponibilité du circuit en le faisant passer sur des canaux de secours disponibles en cas de dérangement ou de panne de l'équipement. Les systèmes qui emploient la commutation de plusieurs canaux peuvent en outre bénéficier d'un certain degré de protection contre les interruptions dues à des évanouissements sélectifs en fréquence. On peut aussi recourir à la protection par diversité d'espace afin d'améliorer la performance des systèmes lors de médiocres conditions de propagation.

La protection par diversité à double trajet facilite l'emploi de bords de plus grande longueur dans les bandes de fréquences où l'affaiblissement causé par les précipitations devient appréciable.

3.3 Types de dispositifs de commutation

Les systèmes à un seul trajet peuvent être protégés de quatre façons:

- commutation d'un ou de plusieurs canaux avec un canal de protection réservé;
- commutation d'un ou de plusieurs canaux avec un canal de protection non réservé;
- exploitation en diversité d'espace;
- exploitation en diversité de polarisation, d'angle ou de diagramme de rayonnement.

Théoriquement, il y a trois méthodes de commutation: fréquence radioélectrique, fréquence intermédiaire, bande de base. Dans la pratique, on préfère néanmoins la commutation aux fréquences de la bande de base, qui permet de protéger le canal tout entier, de l'accès d'entrée à l'accès de sortie, avec une redondance minimale de l'équipement en dehors du trajet commuté.

La protection par double trajet entraîne l'emploi d'une commutation au terminal de réception. Il peut être nécessaire de compenser la différence de temps de transmission entre les deux longueurs de trajet, de telle sorte que, sur ces deux trajets, les signaux puissent être alignés au moment du transfert.

3.4 Facteurs entrant en jeu dans le choix des critères de commutation

Les critères de commutation dépendent du rôle que doit principalement jouer la commutation de secours.

Si la commutation est utilisée pour protéger le circuit contre les dérangements de l'équipement, on peut admettre une reconnaissance relativement lente des critères de commutation, une transmission relativement lente des instructions de commutation et des opérations de commutation elles aussi relativement lentes. Il en résultera en aval une perte de synchronisation et il faudra peut-être prendre des mesures pour réduire au minimum le nombre des interruptions causées par les opérations de commutation.

Si la commutation est utilisée pour améliorer les performances pendant les périodes de mauvaises conditions de propagation, cela demande la reconnaissance rapide des critères de commutation et il est souhaitable de commuter sur un canal de secours sans perte de synchronisation, ce qui facilite par ailleurs les opérations de maintenance préventive. De plus, il y a lieu de noter que l'addition ou la suppression d'un élément binaire dû par exemple à une commutation sans mise en coïncidence préalable ou à une impulsion parasite sur le rythme peut provoquer une désynchronisation totale de la chaîne de transmission aval et ne peut pas être considérée comme une erreur isolée. Ce phénomène entrant en compte dans la qualité des systèmes devrait faire l'objet de recherches ultérieures. Pour y parvenir, il faut prendre les éléments suivants en considération:

- a) La synchronisation des impulsions de bit et de trame peut s'effectuer:
 - soit entre tous les canaux;
 - soit entre le canal de réserve et le canal en service sur lequel on observe un taux d'erreur binaire dépassant le seuil de commutation, selon le temps nécessaire à l'établissement du synchronisme de trame et le temps séparant l'apparition du taux d'erreur binaire correspondant au seuil et l'apparition du taux d'erreur binaire provoquant la perte du synchronisme de trames.
- b) Compensation statique de la différence observée dans le temps de transmission uniforme entre le canal de réserve et tous les canaux en service.
- c) Compensation dynamique des fluctuations du temps de transmission entre le canal de réserve et le canal en service ou entre les canaux en service pendant un évanouissement par trajets multiples.

4. Voies de service

Les trois méthodes suivantes ont été proposées pour assurer la transmission des signaux de surveillance et de commande (SC) par les voies de service:

- transmission par insertion de signaux SC dans la séquence d'impulsions du signal principal (par exemple, par utilisation d'une trame complémentaire pour faisceaux hertziens);
- transmission distincte de celle de la séquence d'impulsions du signal principal, ce qui implique une modulation supplémentaire de la porteuse principale;
- autres moyens de transmission que le trajet du signal principal.

Pour surveiller et commander les stations de répéteurs intermédiaires, l'insertion et la détection du signal SC doivent s'effectuer à chaque station.

La 2^e méthode proposée ci-dessus peut convenir dans certains cas à la transmission de signaux SC de petite capacité. En particulier, la modulation MDP ou MF additionnelle de la porteuse principale convient à la transmission des signaux SC, parce que ces méthodes de modulation offrent généralement une plus grande disponibilité de transmission que le signal principal pendant des conditions d'évanouissement. Toutefois, la limite supérieure de la capacité de transmission dépend de la modulation du signal principal et de la forme de l'impulsion du signal SC (voir l'Appendice 1).

Etant donné que des faisceaux hertziens sont mis en œuvre dans des réseaux utilisant la hiérarchie numérique synchrone, il faudrait également tenir compte de la méthode de transmission de signaux SC suivante.

4.1 Transmission de signaux SC pour les stations de répéteurs

Dans les faisceaux hertziens numériques, les signaux série reçus des terminaux d'émission sont généralement convertis en séquences parallèles à faible débit qui conviennent aux systèmes de modulation et on effectue la conversion logique différentielle. En conséquence, pour que les stations de répéteurs utilisent les bits d'en-tête, il faut que les équipements assurent une conversion et un processus de logique différentielle rapides.

Pour assurer à la modulation multi-états une qualité élevée, on peut employer la correction d'erreur directe (CED). Dans les faisceaux hertziens équipés de CED, on peut, dans les stations intermédiaires, synchroniser les signaux SC sans signaux spéciaux de trame et les transmettre. Ceci est possible en ajoutant dans les blocs de correction d'erreur les signaux SC supplémentaires nécessaires au répéteur.

4.2 Transmission des signaux SC entre stations terminales SDH

Dans la hiérarchie numérique synchrone (SDH), on dispose d'octets d'en-tête pour transmettre les informations de maintenance et d'exploitation qui peuvent être une alternative aux méthodes indiquées au § 4 ci-dessus. Six octets de l'en-tête ont été réservés à l'usage spécifique du support de transmission. On peut accéder à ces six octets aux stations terminales et aux stations intermédiaires (répéteurs). Ils peuvent être utilisés pour acheminer les signaux de maintenance et d'exploitation tels les signaux SC et de commutation de protection (voir la Recommandation UIT-R F.751).

APPENDICE 1

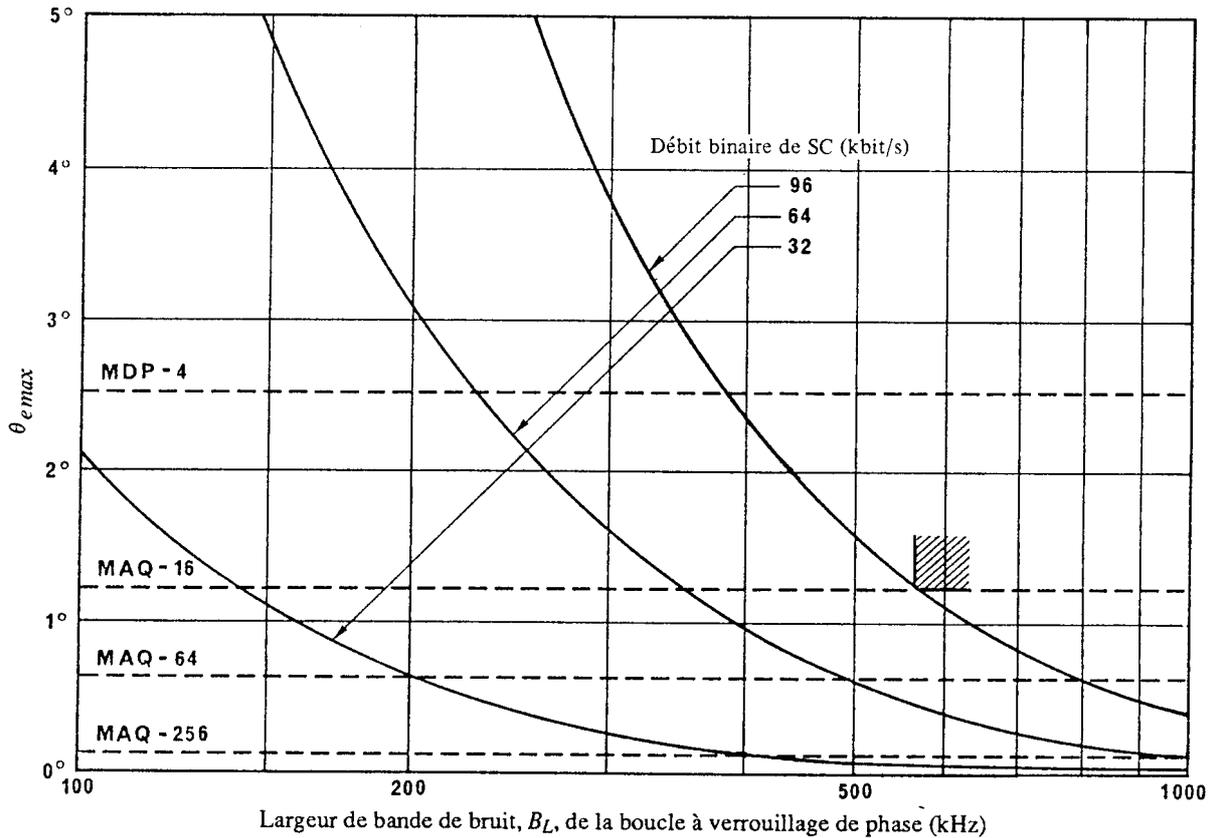
DE L'ANNEXE 1

Forme optimale des impulsions et capacité de transmission maximale pour les signaux de surveillance et de commande avec utilisation d'une modulation MDF supplémentaire

La modulation MDF supplémentaire pour la transmission des signaux SC est évaluée d'après l'erreur de phase de poursuite dans le détecteur cohérent du signal principal et d'après le rapport S/N du signal SC démodulé. L'impulsion du signal SC ne doit pas avoir de composante continue. Parmi les formes d'impulsion considérées, on a constaté que la signalisation avec réponse partielle en classe 4 était bien adaptée à l'erreur de phase de poursuite.

La limite supérieure de la transmission des signaux SC est fixée par le débit binaire qui provoque l'erreur de phase de poursuite admissible. La Fig. 1 illustre la relation qui existe entre cette erreur de phase et la largeur de bande de bruit (B_L) de la boucle à verrouillage de phase. Cette relation est valable à condition que les signaux SC transmis avec des débits binaires différents aient le même rapport S/N . Les capacités de transmission des signaux SC pour les systèmes MAQ-16 et MAQ-64 sont limitées respectivement à 96 kbit/s et à 32 kbit/s.

FIGURE 1
 Erreur de phase de poursuite imputable à la modulation MDF
 à réponse partielle en classe 4



--- Erreur de phase de crête admissible (équivalente à la dégradation du rapport C/N de 0,2 dB du signal principal)

 Exemple d'intersection entre la largeur de bande de bruit (B_L) d'une boucle à verrouillage de phase en fonctionnement MAQ-16 avec récupération de la porteuse et l'erreur de phase admissible, dans un système proposé par une administration.