



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

I.432.1

(02/99)

SÉRIE I: RÉSEAU NUMÉRIQUE À INTÉGRATION DE
SERVICES

Interfaces utilisateur-réseau RNIS – Recommandations
relatives à la couche 1

**Interface utilisateur-réseau du RNIS-LB –
Spécification de la couche Physique:
caractéristiques générales**

Recommandation UIT-T I.432.1

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE I
RÉSEAU NUMÉRIQUE À INTÉGRATION DE SERVICES

STRUCTURE GÉNÉRALE	
Terminologie	I.110–I.119
Description du RNIS	I.120–I.129
Méthodes générales de modélisation	I.130–I.139
Attributs des réseaux et des services de télécommunication	I.140–I.149
Description générale du mode de transfert asynchrone	I.150–I.199
CAPACITÉS DE SERVICE	
Aperçu général	I.200–I.209
Aspects généraux des services du RNIS	I.210–I.219
Aspects communs des services du RNIS	I.220–I.229
Services supports assurés par un RNIS	I.230–I.239
Téléservices assurés par un RNIS	I.240–I.249
Services complémentaires dans le RNIS	I.250–I.299
ASPECTS GÉNÉRAUX ET FONCTIONS GLOBALES DU RÉSEAU	
Principes fonctionnels du réseau	I.310–I.319
Modèles de référence	I.320–I.329
Numérotage, adressage et acheminement	I.330–I.339
Types de connexion	I.340–I.349
Objectifs de performance	I.350–I.359
Caractéristiques des couches protocolaires	I.360–I.369
Fonctions et caractéristiques générales du réseau	I.370–I.399
INTERFACES UTILISATEUR-RÉSEAU RNIS	
Application des Recommandations de la série I aux interfaces utilisateur-réseau RNIS	I.420–I.429
Recommandations relatives à la couche 1	I.430–I.439
Recommandations relatives à la couche 2	I.440–I.449
Recommandations relatives à la couche 3	I.450–I.459
Multiplexage, adaptation de débit et support d'interfaces existantes	I.460–I.469
Aspects du RNIS affectant les caractéristiques des terminaux	I.470–I.499
INTERFACES ENTRE RÉSEAUX	I.500–I.599
PRINCIPES DE MAINTENANCE	I.600–I.699
ASPECTS ÉQUIPEMENTS DU RNIS-LB	
Équipements ATM	I.730–I.739
Fonctions de transport	I.740–I.749
Gestion des équipements ATM	I.750–I.799

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

RECOMMANDATION UIT-T I.432.1

INTERFACE UTILISATEUR-RESEAU DU RNIS-LB – SPECIFICATION DE LA COUCHE PHYSIQUE: CARACTERISTIQUES GENERALES

Résumé

La présente Recommandation porte sur les caractéristiques générales de la couche Physique pour le transport de cellules ATM à différents débits, aux points de référence T_{LB} et S_{LB} de l'interface usager-réseau (UNI, *user-network interface*) du RNIS-LB.

Les Recommandations de la série I.432 sont publiées en plusieurs parties, pour différents débits et applications, dont certaines peuvent être utilisées pour tirer parti du câblage et de l'équipement existants des bâtiments. La présente Recommandation devrait être utilisée avec chacune des autres Recommandations.

Dans chaque Recommandation, la fonctionnalité est présentée pour la sous-couche dépendant du support physique et pour la sous-couche de convergence de transmission, avec inclusion de formats basés SDH comme de formats basés cellules.

Source

La Recommandation UIT-T I.432.1, élaborée par la Commission d'études 13 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 15 février 1999 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

Mots clés

ATM, interface usager-réseau (UNI), RNIS à large bande.

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.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études 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 n° 1 de la CMNT.

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, le terme *exploitation reconnue (ER)* désigne tout particulier, toute entreprise, toute société ou tout organisme public qui exploite un service de correspondance publique. Les termes *Administration*, *ER* et *correspondance publique* sont définis dans la *Constitution de l'UIT (Genève, 1992)*.

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 responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 1999

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application.....	1
2	Rappel.....	1
3	Références normatives	1
4	Définitions et abréviations.....	1
4.1	Définitions	1
4.2	Abréviations	2
5	Configuration de référence.....	2
5.1	Emplacements des interfaces en ce qui concerne la configuration de référence.....	2
5.2	Emplacement des interfaces en ce qui concerne la configuration d'abonné.....	3
6	Caractéristiques de la sous-couche dépendant du support physique (PMD, <i>physical media dependent</i>)	3
7	Fonctions assurées par la sous-couche de convergence de transmission (TC, <i>transmission convergence</i>).....	3
7.1	Capacité de transfert.....	3
	7.1.1 Systèmes SDH.....	3
	7.1.2 Systèmes à cellules.....	3
7.2	Fonctions TC propres au transport	3
7.3	Fonctions TC propres à l'ATM.....	4
	7.3.1 Format des cellules ATM.....	4
	7.3.2 Contrôle d'erreur d'en-tête	4
	7.3.3 Cadrage des cellules.....	6
	7.3.4 Fonctionnement de l'embrouilleur.....	8
	7.3.5 Cellules vides	13
7.4	Implémentation de l'OAM.....	13
8	Fonctions opérationnelles.....	13
9	Alimentation en énergie	13
	Appendice I – Incidence des erreurs binaires aléatoires sur les performances du cadrage des cellules.....	14
	Appendice II – Exemple d'implémentation d'un embrouilleur à échantillons répartis.....	15

Recommandation I.432.1

INTERFACE UTILISATEUR-RESEAU DU RNIS-LB – SPECIFICATION DE LA COUCHE PHYSIQUE: CARACTERISTIQUES GENERALES

(Genève, 1999)

1 Domaine d'application

La présente Recommandation porte sur les caractéristiques générales de la couche Physique pour le transport de cellules ATM à différents débits, aux points de référence T_{LB} et S_{LB} de l'interface usager-réseau (UNI, *user-network interface*) du RNIS- LB.

Les Recommandations de la série I.432 sont publiées en plusieurs Recommandations pour différents débits et applications, dont certaines peuvent être utilisées pour tirer parti du câblage et de l'équipement existants des bâtiments. La présente Recommandation devrait être utilisée avec chacune des autres Recommandations.

Dans chaque Recommandation, la fonctionnalité est présentée pour la sous-couche dépendant du support physique et pour la sous-couche de convergence de transmission, avec inclusion de formats basés SDH (hiérarchie numérique synchrone) comme de formats basés cellules.

2 Rappel

La présente Recommandation figurait antérieurement dans la Recommandation I.432 (publiée en mars 1993), avec les caractéristiques propres aux débits de 155 520 kbit/s et 622 080 kbit/s.

La présente Recommandation contient les caractéristiques générales de tous les systèmes du RNIS-LB à l'UNI. Les autres Recommandations de la série I.432 donnent les caractéristiques propres aux différents débits.

3 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.

- [1] Recommandation UIT-T I.113 (1997), *Terminologie du RNIS à large bande*.
- [2] Recommandation UIT-T I.361 (1995), *Spécifications de la couche mode de transfert asynchrone pour le RNIS à large bande*.
- [3] Recommandation UIT-T I.432.2 (1996), *Interface usager-réseau du RNIS à large bande – Spécification de la couche Physique: exploitation à 155 520 kbit/s et 622 080 kbit/s*.

4 Définitions et abréviations

4.1 Définitions

Aucune.

4.2 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
B-NT	termination de réseau pour le RNIS à large bande (<i>broadband network termination</i>)
B-NT1	termination 1 de réseau pour le RNIS à large bande (<i>broadband network termination 1</i>)
B-NT2	termination 2 de réseau pour le RNIS à large bande (<i>broadband network termination 2</i>)
B-TA	adaptateur de terminal à large bande (<i>broadband terminal adaptor</i>)
B-TE	équipement terminal à large bande (<i>broadband terminal equipment</i>)
CEI	Commission électrotechnique internationale
CLP	priorité de perte de cellule (<i>cell loss priority</i>)
CRC	contrôle de redondance cyclique (<i>cyclic redundancy check</i>)
HEC	contrôle d'erreur d'en-tête (<i>header error control</i>)
OAM	gestion, exploitation et maintenance (<i>operations administration and maintenance</i>)
PMD	dépendant du support physique (<i>physical medium dependent</i>)
PRBS	séquence binaire pseudo-aléatoire (<i>pseudo-random binary sequence</i>)
RNIS-LB	réseau numérique à intégration de services à large bande
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
TC	convergence de transmission (<i>transmission convergence</i>)
TE	équipement terminal (<i>terminal equipment</i>)
UNI	interface utilisateur-réseau (<i>user-network interface</i>)
VCI	identificateur de canal virtuel (<i>virtual channel identifier</i>)
VPI	identificateur de conduit virtuel (<i>virtual path identifier</i>)

5 Configuration de référence

5.1 Emplacements des interfaces en ce qui concerne la configuration de référence

Chaque point d'interface I_a est adjacent au B-TE ou à la B-NT2 du côté réseau; le point d'interface I_b est adjacent à la B-NT2 et à la B-NT1 du côté utilisateur (voir la Figure 1).

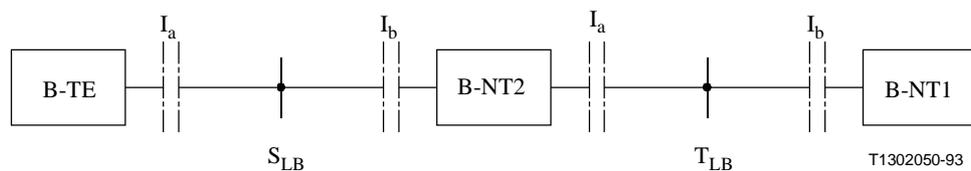
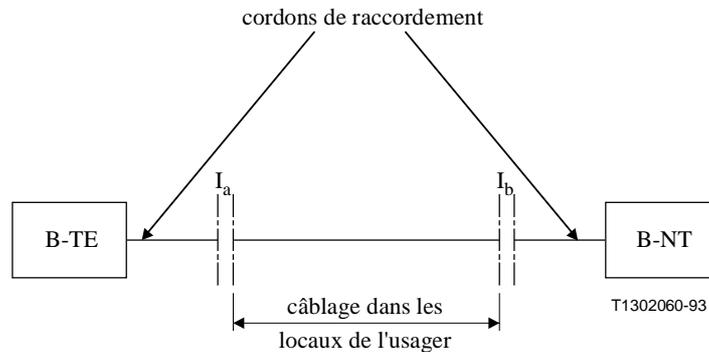


Figure 1/I.432.1 – Configuration de référence aux points de référence S_{LB}/T_{LB}

5.2 Emplacement des interfaces en ce qui concerne la configuration d'abonné

Les points d'interface sont situés entre la prise et la fiche du connecteur rattaché au B-TE, à la B-NT2 ou à la B-NT1. L'emplacement des points d'interface est indiqué sur la Figure 2.

Dans la présente Recommandation, le terme "B-NT" désigne les aspects de la couche 1 de terminaison de réseau des groupes fonctionnels B-NT1 et B-NT2; le terme "TE" désigne les aspects de la couche 1 de terminaison d'équipement terminal des groupes fonctionnels B-TE1, B-TA et B-NT2, sauf indication contraire.



NOTE – La longueur du cordon de raccordement peut être nulle.

Figure 2/I.432.1 – Configuration de câblage

6 Caractéristiques de la sous-couche dépendant du support physique (PMD, *physical media dependent*)

Voir la Recommandation de la série I.432 concernant le débit approprié.

7 Fonctions assurées par la sous-couche de convergence de transmission (TC, *transmission convergence*)

7.1 Capacité de transfert

7.1.1 Systèmes SDH

La capacité de transfert de cellules ATM comprend des cellules d'information d'utilisateur, des cellules de signalisation, des cellules OAM, des cellules non affectées et des cellules utilisées pour le découplage de débit de cellule. Elle exclut les cellules de surdébit de couche Physique.

7.1.2 Systèmes à cellules

Pour les systèmes à cellules, les cellules de surdébit de couche Physique comprennent des cellules OAM de couche Physique et des cellules vides.

7.2 Fonctions TC propres au transport

Voir la Recommandation de la série I.432 portant sur le débit approprié pour les systèmes SDH comme pour les systèmes à cellules.

7.3 Fonctions TC propres à l'ATM

7.3.1 Format des cellules ATM

La cellule ATM est définie dans la Recommandation I.361 [2]. Les cellules ATM peuvent être véhiculées de deux façons différentes: sous forme de cellules intégrées à une structure de trames de la SDH ou sous forme de train continu de cellules dans un format à base de cellules.

7.3.2 Contrôle d'erreur d'en-tête

7.3.2.1 Fonctions de contrôle d'erreur d'en-tête

Le contrôle d'erreur d'en-tête (HEC, *header error control*) couvre l'intégralité de l'en-tête de cellule. Le code utilisé pour cette fonction permet:

- la correction d'une erreur sur un seul bit;
- la détection d'erreurs sur plusieurs bits.

La procédure HEC est décrite en détail au 7.3.2.2. En résumé, le côté émission calcule la valeur du champ HEC. Le récepteur peut utiliser deux modes de fonctionnement (voir la Figure 3). Le mode par défaut assure la correction des erreurs sur un bit isolé mais il ne devrait être appliqué que lorsque le mécanisme de cadrage des cellules est à l'état SYNC et, dans le cas d'une couche Physique à cellules, lorsque le désembrouilleur est à l'état régime permanent. Chaque en-tête de cellule est examiné et, si une erreur est détectée, cela donne lieu à l'une ou l'autre de deux actions possibles. L'action engagée dépend de l'état du récepteur. En "mode correction", seules les erreurs sur un bit isolé peuvent être corrigées et le récepteur passe au "mode détection". En "mode détection", toutes les cellules dans l'en-tête desquelles les erreurs ont été détectées sont ignorées. Lorsqu'il est établi, après examen, qu'un en-tête n'est pas erroné, le récepteur passe au "mode correction". L'expression "pas d'action" qui apparaît sur la Figure 3 signifie qu'il n'est procédé à aucune correction et qu'aucune cellule n'est ignorée.

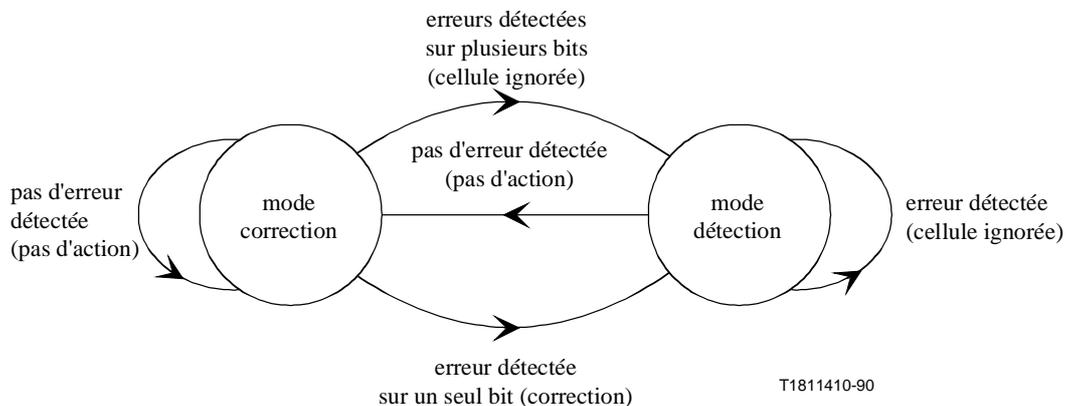
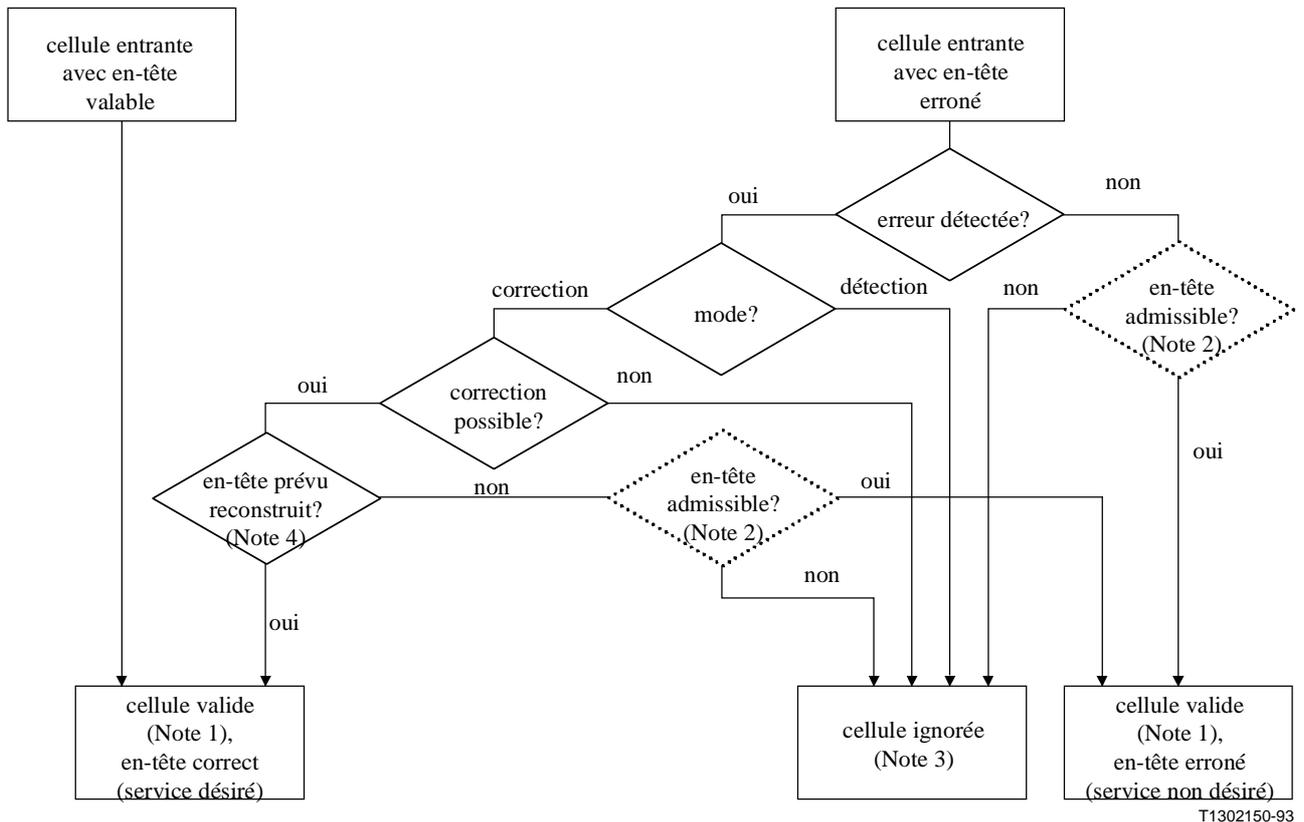
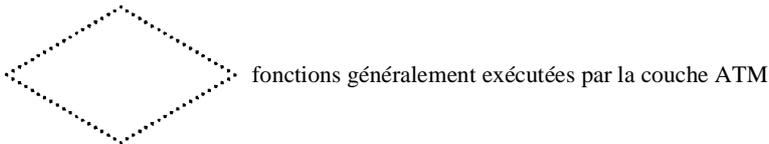


Figure 3/I.432.1 – HEC: modes de fonctionnement du récepteur

Le schéma de la Figure 4 montre les conséquences des erreurs dans l'en-tête d'une cellule ATM. La méthode de protection contre les erreurs assurée par la fonction HEC garantit à la fois la correction d'erreurs portant sur un seul bit de l'en-tête et une faible probabilité de remise de cellules avec en-tête erroné en cas de paquets d'erreurs. La caractéristique d'erreur des systèmes de transmission par fibres semble être une combinaison d'erreurs sur des bits isolés et d'erreurs par paquets d'une taille relativement importante. Pour certains systèmes de transmission, les moyens de correction d'erreur peuvent ne pas être invoqués.



T1302150-93



NOTE 1 – Cellule valide: cellule dont le processus de contrôle d'erreur d'en-tête montre que l'en-tête ne contient pas d'erreurs (voir la Recommandation I.113 [1]).

NOTE 2 – Un en-tête inadmissible est un en-tête dont, par exemple, la VPI ou la VCI n'est allouée à aucune connexion, ni préattribuée à une fonction particulière (cellule vide, cellule OAM, etc.). Dans la plupart des cas, c'est la couche ATM qui décidera si l'en-tête de la cellule est admissible.

NOTE 3 – Une cellule est ignorée si son en-tête est déclaré non-valide ou si son en-tête est déclaré valide mais qu'il se révèle inadmissible.

NOTE 4 – En-tête "prévu": en-tête engendré par le dispositif d'émission, tel qu'il était avant d'être entaché d'une ou plusieurs erreurs.

Figure 4/I.432.1 – Conséquence des erreurs dans un en-tête de cellule ATM

L'Appendice I donne des renseignements concernant l'influence que peuvent avoir des erreurs aléatoires sur les bits, sur la probabilité d'occurrence de cellules ignorées et de cellules valides avec en-tête erroné.

7.3.2.2 Génération de la séquence de contrôle d'erreur d'en-tête

L'émetteur calcule la valeur HEC pour la totalité des quatre premiers octets de l'en-tête de cellule ATM et insère le résultat dans le champ d'en-tête approprié.

La notation utilisée pour décrire le contrôle d'erreur d'en-tête est fondée sur la propriété des codes cycliques [par exemple, des vecteurs de code tels que 1000000100001 peuvent être représentés par un polynôme $P(x) = x^{12} + x^5 + 1$]. Les éléments d'un mot de code à n éléments sont donc les coefficients d'un polynôme d'ordre $n-1$. Dans cette application, les coefficients peuvent avoir la

valeur 0 ou 1 et les opérations sur le polynôme sont exécutées avec des opérations modulo 2. Le polynôme représentant le contenu d'un en-tête à l'exclusion du champ HEC est généré à l'aide du premier bit d'un en-tête comme coefficient du terme d'ordre supérieur.

Le champ HEC doit être une séquence de 8 bits: il doit être le reste de la division (modulo 2) par le polynôme générateur $x^8 + x^2 + x + 1$ du produit de x^8 par le contenu de l'en-tête à l'exclusion du champ HEC.

Dans l'émetteur, le contenu initial du registre du dispositif qui calcule le reste de cette division est pré-réglé de manière à ne comporter que des 0; on le modifie ensuite en divisant l'en-tête, à l'exclusion du champ HEC, par le polynôme générateur, comme indiqué ci-dessus; le reste (qui résulte de cette opération) est transmis en tant que HEC de 8 bits.

Pour améliorer sensiblement la qualité du cadrage des cellules en cas de glissement des bits, il est recommandé de procéder comme suit:

- les bits de contrôle calculés par l'utilisation du polynôme de contrôle sont ajoutés (modulo 2) à un schéma de 8 bits avant d'être insérés dans le dernier octet de l'en-tête;
- le schéma recommandé est "0101 0101" (le bit de gauche étant le bit de plus fort poids);
- le récepteur doit soustraire (ce qui revient au même que d'ajouter modulo 2) le même schéma des 8 bits HEC avant de calculer le syndrome de l'en-tête.

Cette opération n'affecte nullement les capacités de détection et de correction d'erreur du HEC.

A titre d'exemple, à supposer que les 4 premiers octets de l'en-tête ne comportent que des zéros, l'en-tête généré avant l'embrouillage serait le suivant: "0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0101 0101". La valeur initiale pour le contrôle du polynôme contient des zéros (binaires).

7.3.3 Cadrage des cellules

7.3.3.1 Objectifs en matière de cadrage des cellules et d'embrouillage

Le cadrage des cellules est le processus qui permet d'identifier les limites des cellules.

L'en-tête de cellule ATM contient un champ HEC utilisé pour le cadrage des cellules.

Le signal ATM doit être autonome en ce sens qu'il doit être transporté de manière transparente à n'importe quelle interface du réseau sans subir de contraintes de la part des systèmes de transmission utilisés.

L'embrouillage sera utilisé pour améliorer la sécurité et la robustesse du mécanisme de cadrage des cellules HEC, comme indiqué au 7.3.5. Il facilite en outre la répartition aléatoire des données dans le champ d'information, ce qui permettra éventuellement d'améliorer la qualité de transmission.

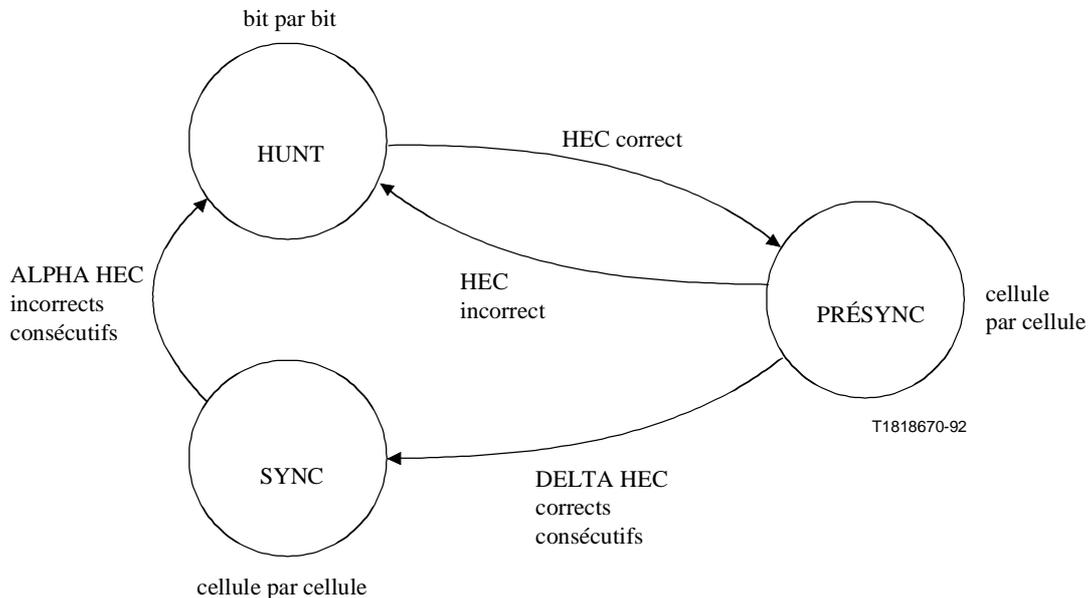
Aucune spécification relative à l'embrouilleur ne doit modifier la structure d'en-tête ATM (décrite dans la Recommandation I.361) [2], le contrôle d'erreur d'en-tête (décrit au 7.3.2) et l'algorithme de cadrage des cellules (décrit au 7.3.3.2).

7.3.3.2 Algorithme de cadrage des cellules

Pour procéder au cadrage des cellules, on utilise la corrélation entre les bits d'en-tête à protéger (32 bits) et les bits de contrôle pertinents (8 bits) introduits dans l'en-tête par le HEC au moyen d'un code cyclique abrégé ayant le polynôme générateur $x^8 + x^2 + x + 1$.

La Figure 5 représente le diagramme d'état de la méthode de cadrage des cellules HEC.

NOTE – Dans le cas d'une couche Physique structurée cellules, on n'utilisera, pendant les états Acquisition et Vérification du désembrouilleur, que les six derniers bits du champ HEC pour vérifier le cadrage des cellules, puis les huit bits. Dans le cas d'une interface basée SDH, on utilisera les 8 bits du champ HEC pour procéder au cadrage des cellules.



NOTE – "HEC correct" signifie que l'en-tête ne comporte pas d'erreur sur les bits (syndrome zéro) et qu'il n'a pas été corrigé.

Figure 5/I.432.1 – Diagramme d'état du cadrage des cellules

Les détails de ce diagramme d'état sont décrits ci-dessous:

- 1) Dans l'état HUNT, le processus de cadrage est exécuté à l'aide d'un contrôle bit par bit du HEC correct (c'est-à-dire que le syndrome est égal à zéro) pour le champ d'en-tête considéré. Dans le cas de la couche Physique structurée cellules, on n'utilisera, avant la synchronisation du désembrouilleur, que les six derniers bits du HEC pour vérifier le cadrage des cellules. Dans le cas de l'interface basée SDH, on utilisera les huit bits pour procéder au cadrage des cellules. Lorsque cet accord est conclu, on admet qu'un en-tête a été trouvé et le processus passe à l'état PRÉSYNC. Lorsque les limites d'octet sont disponibles dans la couche Physique de réception avant le cadrage des cellules, comme c'est le cas avec l'interface basée SDH, le processus de cadrage des cellules peut se dérouler octet par octet.
- 2) Dans l'état PRÉSYNC, le processus de cadrage est exécuté à l'aide d'un contrôle cellule par cellule du HEC correct. Dans le cas de la couche Physique structurée cellules, on n'utilisera, avant la synchronisation du désembrouilleur, que les six derniers bits du champ HEC pour vérifier le cadrage des cellules. Le processus se répète jusqu'à ce que le HEC correct ait été confirmé DELTA fois consécutivement, après quoi le processus passe à l'état SYNC. Si un HEC incorrect est identifié, le processus retourne à l'état HUNT. Le nombre total d'HEC corrects consécutifs nécessaire pour passer de l'état HUNT à l'état SYNC est donc DELTA + 1.
- 3) On admet que le cadrage des cellules est perdu dans l'état SYNC si un HEC incorrect est obtenu ALPHA fois consécutivement.
- 4) Dans le cas de la couche Physique basée SDH, les cellules avec HEC corrects (ou les en-têtes de cellule comportant des erreurs sur des bits isolés qui sont corrigées) qui sont

traitées dans l'état SYNC sont transmises à la couche ATM. Dans le cas de la couche Physique structurée cellules, les cellules avec HEC corrects (ou les en-têtes de cellule comportant des erreurs sur des bits isolés qui sont corrigées) qui sont traitées dans l'état SYNC sont transmises à la couche ATM, à condition que le désembrouilleur soit à l'état régime permanent. Les cellules vides et les cellules OAM de couche Physique ne sont pas transmises à la couche ATM.

Les paramètres ALPHA et DELTA doivent être choisis de manière à rendre le processus de cadrage aussi robuste et aussi sûr que possible tout en remplissant les conditions spécifiées au 7.3.3.3.

La résistance aux indications erronées de défauts d'alignement imputables à des erreurs sur les bits dans le canal dépend du paramètre ALPHA.

La résistance aux défauts de cadrage dans le processus de rétablissement du synchronisme dépend de la valeur du paramètre DELTA.

Pour une couche Physique SDH, on propose les valeurs ALPHA = 7 et DELTA = 6.

Pour une couche Physique à cellules, on propose les valeurs ALPHA = 7 et DELTA = 8.

DELTA est calculé d'après la longueur des cellules ATM et le nombre de bits HEC utilisés pour procéder à la vérification. Les valeurs indiquées pour DELTA garantissent une probabilité de défauts de cadrage inférieure à 10^{-14} , indépendamment des erreurs sur les bits dans le canal. La valeur de DELTA assure une qualité de synchronisation à l'entrée satisfaisante pour un taux d'erreur sur les bits à l'émission inférieur à 10^{-3} .

7.3.3.3 Qualité du cadrage des cellules

Les Figures I.1 et I.2 donnent des renseignements provisoires concernant les performances de l'algorithme de cadrage des cellules décrit au 7.3.3.2 en présence d'erreurs aléatoires sur les bits, pour différentes valeurs de ALPHA et DELTA. Ces résultats correspondent aux valeurs moyennes obtenues pour un système SDH et supposent que les 8 bits du champ HEC soient utilisés.

7.3.4 Fonctionnement de l'embrouilleur

7.3.4.1 Embrouilleur du niveau cellule ATM utilisé pour des systèmes SDH

Pour obtenir une bonne qualité de cadrage des cellules, on recommande que les couches Physiques SDH utilisent un embrouilleur autosynchrone ayant pour polynôme $x^{43} + 1$.

Ce polynôme de l'embrouilleur autosynchrone a été choisi dans le but de réduire le nombre des erreurs introduites par le processus d'embrouillage autosynchronisé à deux.

Le fonctionnement de l'embrouilleur autosynchrone $x^{43} + 1$ dans le cadre du diagramme d'état de cadrage de cellules HEC, est le suivant:

- l'embrouilleur rend aléatoire les bits du champ d'information uniquement;
- durant les cinq octets de l'en-tête, le fonctionnement de l'embrouilleur est arrêté et son état est maintenu;
- dans l'état HUNT, le désembrouilleur est neutralisé;
- dans les états PRESYNC et SYNC, le désembrouilleur est activé pour un nombre de bits égal à la longueur du champ d'information, puis il est de nouveau neutralisé pour l'en-tête considéré suivant;
- au démarrage (c'est-à-dire lors de la mise sous tension ou de la resynchronisation après perte du signal), les 43 premiers bits de la capacité utile de la première cellule transmise seront utilisés pour synchroniser l'embrouilleur et le désembrouilleur d'où il résultera que la première cellule sera erronée.

7.3.4.2 Embrouilleur utilisé pour des systèmes à cellules

Pour obtenir une bonne qualité de cadrage des cellules, on recommande d'utiliser un embrouilleur à échantillons répartis du 31^e ordre pour une UNI structurée cellules.

L'embrouilleur à échantillons répartis (DSS, *distributed sample scrambler*) est un embrouilleur additif qui n'engendre pas de multiplication des erreurs et dont la qualité de fonctionnement est suffisamment élevée pour permettre à une sous-couche PMD sous-jacente d'en être tributaire pour assurer un haut degré de randomisation.

7.3.4.2.1 Fonctionnement de l'embrouilleur à échantillons répartis (31^e ordre)

L'embrouilleur à échantillons répartis est un exemple de catégorie d'embrouilleur dans lequel les trains de données transmis sont rendus aléatoires par addition congruente d'une séquence pseudo-aléatoire. Le désembrouillage dans le récepteur s'effectue par addition congruente d'une séquence pseudo-aléatoire identique produite localement, qui est en synchronisation de phase avec la première séquence par rapport aux cellules transmises. Le désembrouilleur n'a aucune incidence sur la performance du mécanisme HEC à 8 bits en régime permanent.

On établit la synchronisation de phase d'une séquence binaire pseudo-aléatoire (PRBS, *pseudo-random binary sequence*) du récepteur ayant un polynôme générateur d'ordre r en envoyant r échantillons PRBS sources linéairement indépendants sur la voie de transmission en tant qu'échantillons de données acheminés. S'ils sont reçus sans erreur, ces r échantillons suffisent pour synchroniser la phase du générateur PRBS dans le récepteur avec celle du générateur PRBS dans l'émetteur.

Une dissymétrie temporelle simple entre les échantillons PRBS source et les échantillons PRBS acheminés permet de dissocier le temps d'arrivée des échantillons PRBS sources de celui des échantillons PRBS acheminés. Ainsi, simplement en prélevant des échantillons à intervalles égaux d'une demi-cellule ATM (212 bits) dans le générateur PRBS source, on obtient des échantillons PRBS linéairement indépendants et une synchronisation plus rapide.

7.3.4.2.2 Fonctionnement de l'émetteur

La séquence binaire pseudo-aléatoire de l'émetteur est ajoutée (modulo 2) à la cellule complète bit par bit à l'exception du champ HEC. Le polynôme de la séquence pseudo-aléatoire est:

$$x^{31} + x^{28} + 1$$

Le champ HEC pour chaque cellule est ensuite modifié par adjonction modulo 2 du champ HEC, calculé sur les 32 premiers bits de la séquence de l'embrouilleur coïncidant avec les 32 premiers bits de l'en-tête. Cela revient à calculer le champ HEC pour les 32 premiers bits de l'en-tête embrouillé. Les deux premiers bits du champ HEC sont ensuite modifiés par les deux bits provenant du générateur PRBS comme suit: les deux bits provenant du générateur PRBS deviennent les bits PRBS sources et les deux bits du champ HEC avec lesquels ils seront mappés deviennent les bits de transport PRBS.

On ajoute (modulo 2) au premier bit HEC (HEC_8) la valeur du générateur PRBS qui a été ajoutée (modulo 2) 211 bits auparavant à la capacité utile de la cellule précédente. On ajoute (modulo 2) au second bit du champ HEC la valeur actuelle du générateur PRBS. Ces échantillons sont exactement espacés d'une demi-cellule (212 bits) et le premier (U_{t-211}) est retardé de 211 bits avant d'être acheminé (ce qui nécessite une mémoire de 1 bit dans laquelle 211 bits correspondent à une demi-cellule moins 1 bit). Voir les Tableaux 1 et 2.

Tableau 1/I.432.1 – Phase PRBS (telle qu'elle est ajoutée à la capacité utile et à tout l'en-tête à l'exception du HEC)

U_{t-1}	U_t	U_{t+1}	U_{t+2}	U_{t+3}	U_{t+4}	U_{t+5}	U_{t+6}	U_{t+7}	U_{t+8}	U_{t+9}
-----------	-------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Tableau 2/I.432.1 – Eléments de données transmises résultant

CLP	HEC ₈	HEC ₇	HEC ₆	HEC ₅	HEC ₄	HEC ₃	HEC ₂	HEC ₁	1 ^{er} bit charge utile	2 ^e bit charge utile
+	+	+							+	+
U_{t-1}	U_{t-211}	U_{t+1}							U_{t+8}	U_{t+9}

7.3.4.2.3 Fonctionnement du récepteur

Trois états de base du fonctionnement dans le récepteur sont définis:

- 1) acquisition de la synchronisation de l'embrouilleur;
- 2) vérification de la synchronisation de l'embrouilleur;
- 3) régime permanent.

Etat 1 du récepteur: acquisition de la synchronisation de l'embrouilleur

Le principe de fonctionnement est le suivant:

– *Cadrage des cellules*

Le mécanisme de cadrage des cellules est indépendant du mécanisme de synchronisation du désembrouilleur. Toutefois, pour le cadrage des cellules, on n'utilise, lorsque le désembrouilleur est à l'état Acquisition ou à l'état Vérification, que les six derniers bits du champ HEC. Cela est dû au fait que les deux premiers bits de ce champ ont été modifiés par l'addition modulo 2 d'échantillons de données acheminés et ne peuvent donc pas être utilisés pour le cadrage ou pour une évaluation HEC avant que le désembrouilleur soit synchronisé (régime permanent).

Lorsque le processus de cadrage des cellules revient à l'état HUNT, le processus de désembrouillage revient à l'état Acquisition.

– *Acquisition de la synchronisation de l'embrouilleur*

A l'état Acquisition, on obtient les valeurs des bits acheminés (U_{t-211} , U_{t+1}) en ajoutant modulo 2 les valeurs prévues pour HEC₈ et HEC₇ aux valeurs reçues. Les valeurs prévues correspondent aux bits HEC₈ et HEC₇ de la valeur HEC calculée pour l'ensemble des quatre premiers octets de l'en-tête reçu.

On peut assurer la synchronisation de l'embrouilleur en comparant l'échantillon acheminé pour chaque intervalle d'une demi-cellule (212 bits), au bit local produit par un désembrouilleur récursif (Figure II.1). Si ces deux bits ne sont pas identiques, on applique un vecteur de correction constant au désembrouilleur récursif par instants de prélèvement de la chaîne directe. A l'instant t , l'échantillon acheminé dans le champ HEC₈ (U_{t-211}) est comparé au bit du désembrouilleur V_{t-211} qui a été mis en mémoire pendant 211 bits. A l'instant $t + 212$, l'échantillon acheminé dans le champ HEC₇ (U_{t+1}) est comparé au bit du désembrouilleur V_{t+1} produit à l'instant $t + 1$ (U_{t+1} et V_{t+1} ont tous deux été mis en mémoire pendant 211 bits).

Etant donné que les deux échantillons sont appliqués au désembrouilleur récursif 211 bits derrière leur point d'addition modulo 2 à la séquence de données transmise, les instants de prélèvement de la chaîne directe du désembrouilleur récursif sont choisis pour produire une

séquence qui est en avance de 211 échantillons. De même, la comparaison aux fins de vérification effectuée dans le désembrouilleur récursif entre les bits acheminés et leur prévision subit une égalisation de retard par l'intermédiaire d'une mémoire à un seul bit, comme le montre la Figure II.1.

– *Temps nécessaire pour établir la synchronisation de l'embrouilleur*

Deux échantillons binaires, linéairement indépendants, sont acheminés par cellule. Le nombre minimum d'échantillons consécutifs acheminés sans erreur nécessaires pour synchroniser les désembrouillages est égal au degré du polynôme de l'embrouilleur; 16 cellules fournissent donc les 31 échantillons nécessaires pour synchroniser le désembrouilleur.

Le processus de synchronisation du désembrouilleur n'est pas neutralisé pendant le cadrage de cellules; toutefois, le désembrouilleur ne commencera pas à converger avant que le mécanisme de cadrage des cellules n'ait repéré la position réelle du champ HEC dans l'en-tête et ne soit plus dans l'état HUNT. En conséquence, le début de la convergence d'acquisition de synchronisation du désembrouilleur coïncidera avec le passage final de l'état HUNT à l'état PRESYNC du mécanisme de cadrage de cellules.

Etat 2 du récepteur: vérification de la synchronisation du désembrouilleur

L'état Vérification diffère de l'état Acquisition en ce sens que le désembrouilleur récursif n'est plus modifié par des échantillons de synchronisation. La vérification est nécessaire car des erreurs indécélables par un contrôle du champ HEC à 6 bits ont pu se produire dans les bits acheminés pendant la phase d'Acquisition. La vérification permet de contrôler la séquence PRBS prévue dans le récepteur par rapport à la séquence de référence distante indiquée dans les échantillons acheminés. Il faut effectuer 16 vérifications pendant lesquelles le taux d'erreur de transmission est meilleur que 10^{-3} pour s'assurer que, pendant la phase d'Acquisition, la probabilité de synchronisation erronée soit inférieure à 10^{-6} .

Etat 3 du récepteur: régime permanent (désembrouilleur synchronisé)

En régime permanent, les bits HEC₈ et HEC₇ peuvent être à nouveau utilisés normalement après avoir été désembrouillés à l'aide des bits produits localement (V_{t-211} , V_{t+1}). Les caractéristiques de la détection et de la correction des erreurs ne sont pas affectées par ce processus.

Le cadrage des cellules et la résistance de la synchronisation du désembrouilleur à la dérive des bits dans le canal sont contrôlés de façon fiable, dans cet état, par la machine d'états du cadrage des cellules existantes. Lorsque le processus de cadrage des cellules revient à l'état HUNT, le processus de désembrouillage doit repasser à l'état Acquisition.

– *Régénération du HEC et embrouillage de l'en-tête*

Dans le cas d'un en-tête embrouillé, les bits HEC de la cellule transmise ont été modifiés avant transmission de façon à correspondre à la séquence HEC. Pour inverser ce processus, le cas échéant, et régénérer une séquence HEC qui corresponde à l'en-tête désembrouillé, on peut éventuellement modifier les bits HEC par addition modulo 2 du CRC calculé sur les 32 bits de la séquence de désembrouillage coïncidant avec les premiers 32 bits de l'en-tête.

7.3.4.2.4 Mécanisme et diagramme de transition d'état

Les trois états du désembrouilleur sont: acquisition, vérification et régime permanent.

On peut déterminer la transition entre ces états en se référant à la valeur d'un seul compteur de confiance comme indiqué ci-après:

état initial = acquisition, compteur de confiance ayant pour valeur initiale zéro.

Etat 1: acquisition – compteur de confiance dans une gamme comprise entre 0 et X-1

Pour chaque cellule reçue correctement, sans erreurs décelées dans les bits HEC 1 à 6, le compteur de confiance est augmenté de 1 et les deux bits acheminés servent à amener le désembrouilleur récursif en phase de synchronisation.

Toute erreur détectée dans l'en-tête de cellule (bits HEC 1 à 6) se traduit par un retour à l'état initial (le compteur de confiance est remis à zéro).

La transition vers l'état Vérification se produit lorsque le compteur atteint la valeur X ($X = 16$).

Etat 2: vérification – compteur de confiance dans une gamme comprise entre X et Y-1

Pour chaque cellule reçue sans détection d'erreur dans les bits HEC 1 à 6, les deux bits acheminés sont comparés avec leurs valeurs prévues. Pour chaque cellule reçue avec deux prévisions correctes, le compteur de confiance est augmenté. Si une ou deux prévisions sont incorrectes, le compteur est alors diminué. Si le compteur passe en dessous de V ($V = 8$), le système revient à l'état initial d'Acquisition 1 et le compteur de confiance est remis à zéro.

Il y a transition vers le Régime permanent lorsque le compteur atteint la valeur Y ($Y = 24$).

Etat 3: régime permanent – compteur de confiance dans une gamme comprise entre Y et Z

Lorsque le processus de cadrage des cellules détecte un syndrome non nul caractérisé par la présence d'erreurs sur les seuls bits HEC₈ ou HEC₇, le compteur de confiance est diminué. Autrement, il est augmenté. L'état Acquisition est rétabli automatiquement, si le compteur passe en dessous de W (= 16). La limite supérieure est Z ($Z = 24$). Voir la Figure 6. Le processus de désembrouillage doit aussi revenir à l'état Acquisition si le processus de cadrage de cellules repasse à l'état HUNT.

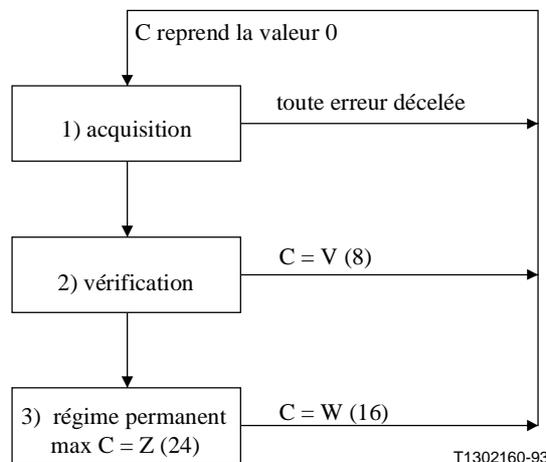


Figure 6/I.432.1 – Diagramme de transition d'états

7.3.4.3 Embrouilleur pour d'autres systèmes

Pour les autres systèmes, voir la disposition correspondante de la Recommandation pertinente de la série I.432.

7.3.5 Cellules vides

Les cellules vides ne donnent lieu à aucune action dans le nœud ATM de réception, sauf pour le cadrage de la cellule, et la vérification de la séquence HEC. Elles sont insérées et ignorées pour le découplage du débit de cellules. Les cellules vides sont identifiées par le schéma normalisé pour l'en-tête de cellule indiqué au Tableau 3.

Tableau 3/I.432.1 – Schéma d'en-tête pour l'identification de cellule vide (avant embrouillage)

	Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4	Octet 5
Schéma d'en-tête	0000 0000	0000 0000	0000 0000	0000 0001	HEC = code valide 0101 0010
NOTE 1 – Le contenu du champ d'information est "0110 1010" répété 48 fois.					
NOTE 2 – Il n'y a aucune incidence pour ces différents champs du point de vue de la couche ATM, étant donné que les cellules vides ne sont pas transmises à la couche ATM.					

7.4 Implémentation de l'OAM

Voir la Recommandation de la série I.432 traitant du débit approprié, pour les systèmes SDH comme pour les systèmes à cellules.

8 Fonctions opérationnelles

Voir la Recommandation de la série I.432 traitant du débit approprié, pour les systèmes SDH comme pour les systèmes à cellules.

9 Alimentation en énergie

Voir la Recommandation de la série I.432 traitant du débit approprié, pour les systèmes SDH comme pour les systèmes à cellules.

APPENDICE I

Incidence des erreurs binaires aléatoires sur les performances du cadrage des cellules

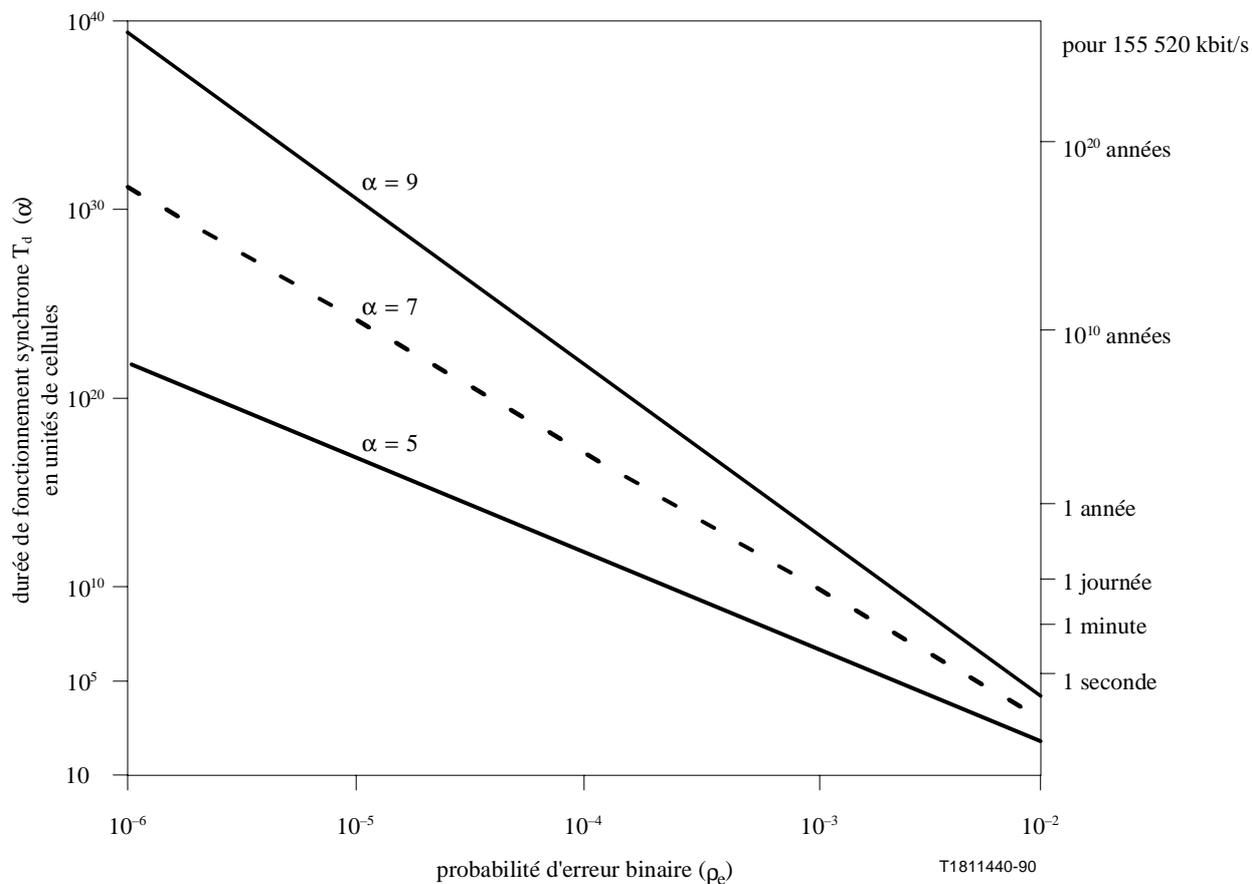


Figure I.1/I.432.1 – Durée moyenne de fonctionnement synchrone par rapport à la probabilité d'erreur binaire [$T_d(\alpha)$ par rapport à ρ_e]

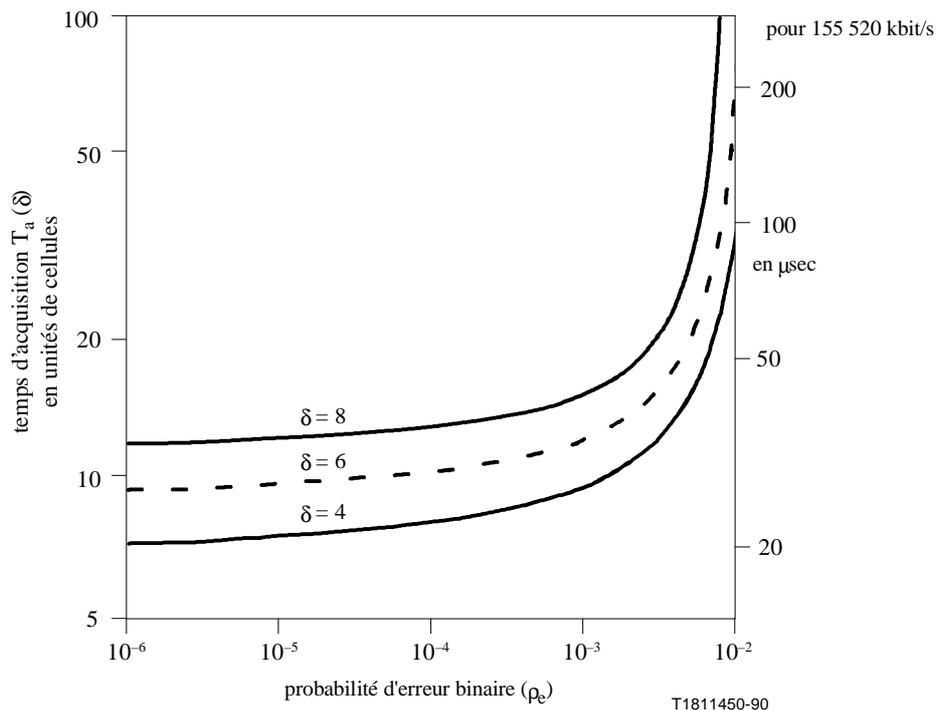


Figure I.2/I.432.1 – Temps d'acquisition moyen par rapport à la probabilité d'erreur binaire [$T_a(\delta)$ par rapport à ρ_e]

APPENDICE II

Exemple d'implémentation d'un embrouilleur à échantillons répartis

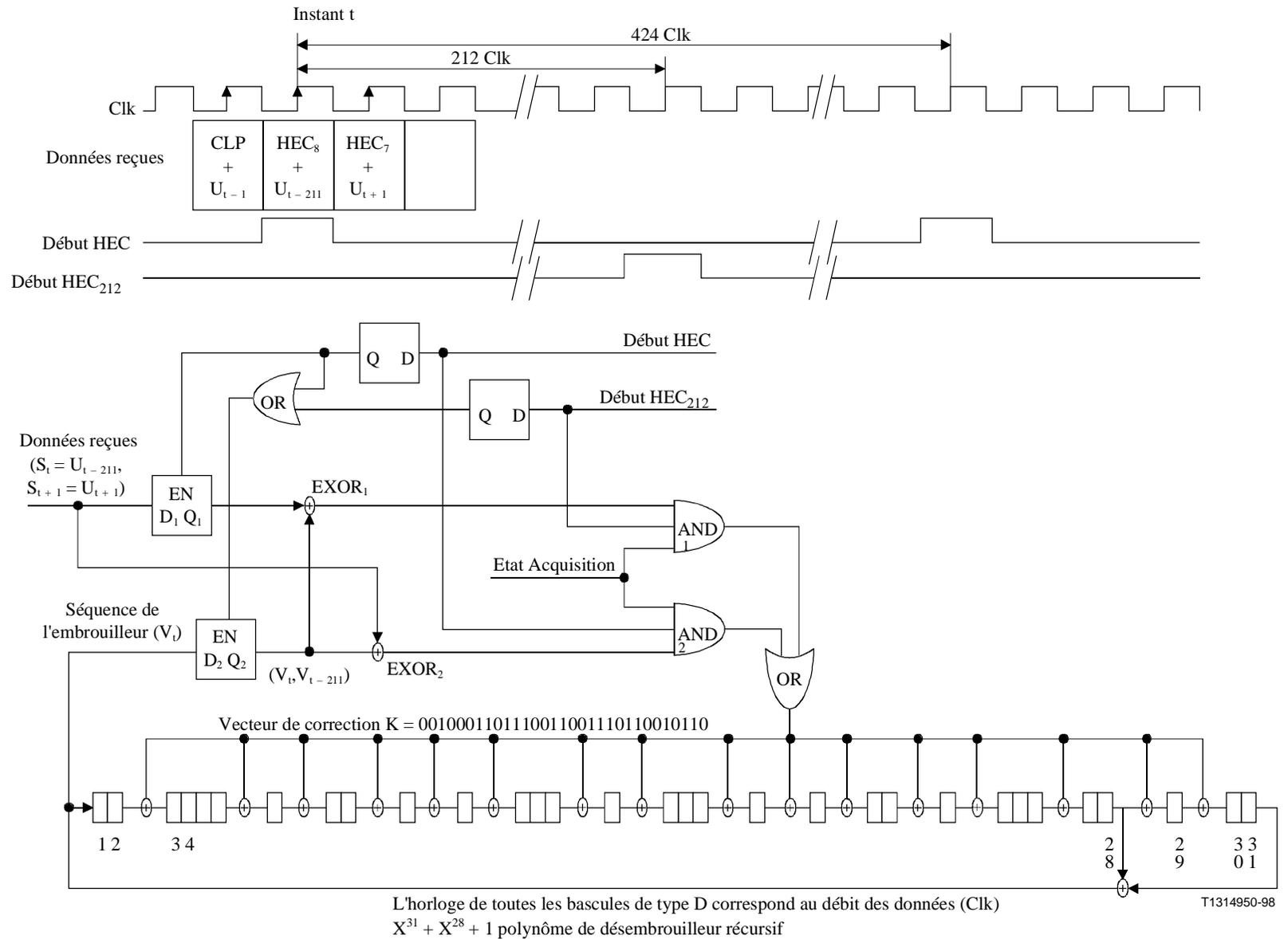
Acquisition de la synchronisation de l'embrouilleur

On retrouve les valeurs des bits acheminés dans les valeurs reçues par addition modulo 2 des valeurs prévues pour HEC₈ et HEC₇. On peut réaliser la synchronisation de l'embrouilleur en comparant les échantillons acheminés (U_{t-211} , U_{t+1}), pour des intervalles d'une demi-cellule, à la séquence de l'embrouilleur récursif V_t (Figure II.1). Pour faire en sorte que les échantillons soient comparés à la séquence du désembrouilleur récursif aux mêmes intervalles que lors de leur extraction du PRBS source, le second échantillon $U_{(t+1)}$ (dérivé de HEC₇) est mis en mémoire pendant 211 bits avant d'être utilisé.

De plus, étant donné que les deux échantillons sont appliqués au désembrouilleur récursif 211 bits derrière leur point d'addition modulo à la séquence de données transmise, les instants de prélèvement de la chaîne directe du désembrouilleur récursif sont choisis pour produire une séquence qui est en avance de 211 échantillons. De même, la comparaison aux fins de vérification effectuée dans le désembrouilleur récursif entre les bits acheminés et leur prévision subit une égalisation de retard par l'intermédiaire d'une mémoire à un seul bit, comme le montre la Figure II.1.

Exemple: implémentation d'un désembrouilleur récursif

La Figure II.1 illustre l'implémentation d'un désembrouilleur récursif. Les valeurs d'échantillon indiquées sont les valeurs d'échantillon importantes dans chaque cellule et les instants correspondent aux échantillons PRBS acheminés, reçus avec HEC₈.



NOTE – L'état Acquisition est actif quand le processus de cadrage des cellules est à l'état HUNT ou à l'état PRESYNC.

Figure II.1/I.432.1 – Exemple de désembrouilleur de récepteur

A l'instant t:

- l'échantillon V_t du générateur de séquence binaire pseudo-aléatoire dans le récepteur, se trouve à l'entrée D_2 de la bascule de type D inférieure;
- l'échantillon PRBS source $S_t = U_{t-211}$ acheminé dans la séquence de contrôle d'erreur d'en-tête HEC₈ se trouve à l'entrée D_1 ;
- l'échantillon précédemment mis en mémoire à la sortie de la bascule de type D inférieure est $Q_2 = V_{t-211}$

$$\text{EXOR}_2 = D_1 + Q_2 = U_{t-211} + V_{t-211}$$

Le multiplexeur sélectionne les échantillons à l'instant t. Dans l'état Acquisition, les instants de prélèvement de la chaîne directe (vecteur de correction constant) sont appliqués au désembrouilleur si la valeur de sortie de la passerelle AND est élevée, c'est-à-dire si $U_{t-211} \neq V_{t-211}$.

A l'instant t+ 1:

- l'échantillon du récepteur V_{t+1} se trouve à l'entrée D_2 ;
- l'échantillon $S_{t+1} = U_{t+1}$ se trouve à l'entrée D_1 .

Ces valeurs sont mises en mémoire à l'arrivée du prochain front montant du signal d'horloge de façon que:

à l'instant t + 2 jusqu'à l'instant t + 212:

- $\text{EXOR}_1 = Q_2 + Q_1 = V_{t+1} + U_{t+1}$

Le multiplexeur sélectionne les échantillons à l'instant t + 212. Dans l'état Acquisition, les instants de prélèvement de la chaîne directe (vecteur de correction constant) sont appliqués au désembrouilleur si la valeur de sortie de la passerelle AND est élevée, c'est-à-dire si $U_{t+1} \neq V_{t+1}$.

A l'instant t + 213 = L + t - 211 (L correspondant à la durée d'une cellule):

- $D_2 = V_{t+213} = V_{t-211+L}$ (mis en mémoire à l'arrivée du prochain front montant du signal d'horloge et maintenu jusqu'au prochain cycle de cellule).

SERIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
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	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	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
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 pour données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information
Série Z	Langages de programmation