



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**X.606**

(10/2001)

SÉRIE X: RÉSEAUX DE DONNÉES ET  
COMMUNICATION ENTRE SYSTÈMES OUVERTS  
Réseautage OSI et aspects systèmes – Réseautage

---

**Technologies de l'information – Protocole de  
transport de communications amélioré:  
spécification du transport simplex en  
multidiffusion**

Recommandation UIT-T X.606

---

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE X  
**RÉSEAUX DE DONNÉES ET COMMUNICATION ENTRE SYSTÈMES OUVERTS**

|  |                    |
|--|--------------------|
| <b>RÉSEAUX PUBLICS DE DONNÉES</b>                    |                    |
| Services et fonctionnalités                          | X.1–X.19           |
| Interfaces   | X.20–X.49          |
| Transmission, signalisation et commutation           | X.50–X.89          |
| Aspects réseau                                       | X.90–X.149         |
| Maintenance  | X.150–X.179        |
| Dispositions administratives                         | X.180–X.199        |
| <b>INTERCONNEXION DES SYSTÈMES OUVERTS</b>           |                    |
| Modèle et notation                                   | X.200–X.209        |
| Définitions des services                             | X.210–X.219        |
| Spécifications des protocoles en mode connexion      | X.220–X.229        |
| Spécifications des protocoles en mode sans connexion | X.230–X.239        |
| Formulaires PICS                                     | X.240–X.259        |
| Identification des protocoles                        | X.260–X.269        |
| Protocoles de sécurité                               | X.270–X.279        |
| Objets gérés des couches                             | X.280–X.289        |
| Tests de conformité                                  | X.290–X.299        |
| <b>INTERFONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX</b>               |                    |
| Généralités  | X.300–X.349        |
| Systèmes de transmission de données par satellite    | X.350–X.369        |
| Réseaux à protocole Internet                         | X.370–X.399        |
| <b>SYSTÈMES DE MESSAGERIE</b>                        | X.400–X.499        |
| <b>ANNUAIRE</b>                                      | X.500–X.599        |
| <b>RÉSEAUTAGE OSI ET ASPECTS SYSTÈMES</b>            |                    |
| <b>Réseautage</b>                                    | <b>X.600–X.629</b> |
| Efficacité   | X.630–X.639        |
| Qualité de service                                   | X.640–X.649        |
| Dénomination, adressage et enregistrement            | X.650–X.679        |
| Notation de syntaxe abstraite numéro un (ASN.1)      | X.680–X.699        |
| <b>GESTION OSI</b>                                   |                    |
| Cadre général et architecture de la gestion-systèmes | X.700–X.709        |
| Service et protocole de communication de gestion     | X.710–X.719        |
| Structure de l'information de gestion                | X.720–X.729        |
| Fonctions de gestion et fonctions ODMA               | X.730–X.799        |
| <b>SÉCURITÉ</b>                                      | X.800–X.849        |
| <b>APPLICATIONS OSI</b>                              |                    |
| Engagement, concomitance et rétablissement           | X.850–X.859        |
| Traitement transactionnel                            | X.860–X.879        |
| Opérations distantes                                 | X.880–X.899        |
| <b>TRAITEMENT RÉPARTI OUVERT</b>                     | X.900–X.999        |

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

## **Technologies de l'information – Protocole de transport de communications amélioré: spécification du transport simplex en multidiffusion**

### **Résumé**

Le protocole de transport de communications amélioré (ECTP, *enhanced communications transport protocol*) est un protocole de transport visant à prendre en charge les applications multidiffusion Internet fonctionnant sur les réseaux pouvant assurer la multidiffusion. Le protocole ECTP fonctionne sur les réseaux IPv4/IPv6 ayant une capacité de transmission multidiffusion IP au moyen de protocoles de routage multidiffusion IP et IGMP. Le protocole ECTP peut être configuré en mode UDP et est destiné à prendre en charge des connexions multidiffusion étroitement contrôlées.

La présente Recommandation | Norme internationale définit le protocole qui assure la gestion de la fiabilité dans le cas de la multidiffusion simplex selon une configuration de type arborescent. D'autres Recommandations | Normes internationales concernant la famille ECTP définiront les fonctions de gestion de la qualité de service pour le mode simplex ainsi que la gestion de la fiabilité et les fonctions correspondantes de gestion de la qualité de service pour les modes duplex et N-plex.

L'expéditeur est au centre des communications du groupe multidiffusé. Le rôle de propriétaire de la connexion est attribué à un seul expéditeur dans la connexion multidiffusion simplex. Le propriétaire de la connexion est responsable de la gestion globale de la connexion en ce sens qu'il gère les opérations de création et de fin de connexion, de pause et de reprise de connexion, de participation à une connexion et de sortie.

Pour la gestion de la fiabilité de type arborescent, une arborescence hiérarchique est configurée pendant la création de la connexion. L'expéditeur est la racine de l'arborescence de gestion, qui peut définir une relation parent-enfant entre toute paire des nœuds de l'arborescence. Cette structure arborescente peut entraîner l'apparition de propriétaires locaux aux niveaux inférieurs de l'arborescence à mesure que la structure de gestion s'étend. Chaque propriétaire local créé devient la racine de sa propre arborescence de gestion locale. Le propriétaire de la connexion sera donc la racine de l'arborescence de gestion globale. Une correction d'erreur est assurée pour chaque groupe local défini par une arborescence de gestion. Chaque parent retransmet les données perdues en réponse aux demandes de retransmission de ses enfants.

### **Source**

La Recommandation X.606 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 7 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 29 octobre 2001. Un texte identique est publié comme Norme Internationale ISO/CEI 14476-1.

## 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 la 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.

## 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 n'avait pas 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 2002

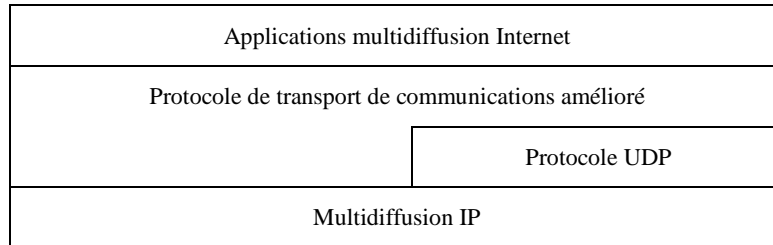
Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

## TABLE DES MATIÈRES

|      | <i>Page</i>   |
|------|---|
| 1    | Domaine d'application ..... 1   |
| 2    | Références normatives ..... 1   |
| 3    | Définitions ..... 1   |
| 3.1  | Termes définis dans la Rec. UIT-T X.601 ..... 1   |
| 3.2  | Termes définis dans la Rec. UIT-T X.605   ISO/CEI 13252 ..... 1   |
| 3.3  | Termes définis dans la présente Recommandation   Norme internationale ..... 2   |
| 4    | Abréviations ..... 2  |
| 4.1  | Types de paquet ..... 2   |
| 4.2  | Divers ..... 3  |
| 5    | Conventions ..... 3   |
| 6    | Aperçu général ..... 3  |
| 7    | Éléments du protocole ..... 6   |
| 7.1  | Nœuds ..... 6   |
| 7.2  | Arborescence de gestion ..... 7   |
| 7.3  | Adressage ..... 8   |
| 7.4  | Paquets ..... 9   |
| 8    | Procédures du protocole ..... 9   |
| 8.1  | Opérations antérieures à la création de la connexion ..... 9  |
| 8.2  | Création de la connexion ..... 10   |
| 8.3  | Transmission de données ..... 14  |
| 8.4  | Reprise après incident ..... 15   |
| 8.5  | Pause et reprise de connexion ..... 17  |
| 8.6  | Participation tardive ..... 17  |
| 8.7  | Sortie ..... 18   |
| 8.8  | Mise à jour de la composition de l'arborescence ..... 19  |
| 8.9  | Fin de la connexion ..... 19  |
| 9    | Format de paquet ..... 20   |
| 9.1  | En-tête fixe ..... 20   |
| 9.2  | Éléments d'extension ..... 21   |
| 9.3  | Structure de paquet ..... 25  |
| 10   | Temporisateurs et variables ..... 28  |
| 10.1 | Temporisateurs ..... 28   |
| 10.2 | Variables de fonctionnement ..... 28  |
|      | Annexe A – Considérations relatives aux réseaux ..... 30  |
|      | Annexe B – Mécanismes de configuration d'arborescence examinés au sein du Groupe<br>de travail RMT de l'IETF ..... 31 |
|      | Bibliographie ..... 32  |

## Introduction

La présente Recommandation | Norme internationale définit le protocole de transport de communications amélioré (ECTP), qui est un protocole de transport visant à prendre en charge les applications multidiffusion Internet fonctionnant sur les réseaux pouvant assurer la multidiffusion. Le protocole ECTP fonctionne sur les réseaux IPv4/IPv6 ayant une capacité de transmission multidiffusion IP au moyen de protocoles de routage multidiffusion IP et IGMP, comme indiqué à la Figure 1. Le protocole ECTP peut être configuré en mode UDP.



**Figure 1 – Modèle ECTP**

Le protocole ECTP est destiné à prendre en charge des connexions multidiffusion étroitement contrôlées dans des applications simplex, duplex et N-plex. Cette partie du protocole définit les mécanismes du protocole qui assure la gestion de la fiabilité en mode simplex. Le protocole ECTP offre aussi des fonctions de gestion de la qualité de service (QS) en vue d'une gestion stable de la qualité de service pour les utilisateurs de la connexion. Cette fonction de gestion QS peut être assurée avec les opérations de négociation, de surveillance et de maintien de la qualité de service. Les procédures de gestion QS en mode simplex seront définies dans la spécification relative à la gestion de la qualité de service en mode simplex (Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2), qui fait partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale. D'autres spécifications définiront les procédures de gestion et les fonctions de gestion QS connexes en mode duplex (Rec. UIT-T X.607 | ISO/CEI 14476-3 et Rec. UIT-T X.607.1 | ISO/CEI 14476-4) et en mode N-plex (Rec. UIT-T X.608 | ISO/CEI 14476-5 et Rec. UIT-T X.608.1 | ISO/CEI 14476-6).

En mode ECTP, tous les membres potentiels sont enrôlés dans un groupe multidiffusé avant la création d'une connexion ou d'une session. Ces membres définissent un groupe enrôlé. Chaque destinataire du groupe enrôlé est dénommé destinataire enrôlé. Pendant le processus d'enrôlement, chaque membre sera authentifié. Les informations de groupe, y compris la clé de groupe, les adresses multidiffusion IP et les numéros de ports, seront distribuées aux membres enrôlés pendant le processus d'enrôlement. Une connexion ECTP est créée pour ces membres du groupe enrôlé.

Le protocole ECTP vise les services multidiffusion étroitement contrôlés. L'expéditeur est au centre des communications du groupe multidiffusé. Dans la connexion multidiffusion simplex, le rôle de propriétaire de la connexion est attribué à un seul expéditeur, désigné comme propriétaire principal (TO, *top owner*) dans la présente Spécification. Le propriétaire de la connexion est responsable de la gestion globale de la connexion en ce sens qu'il gère les opérations de création et de fin de connexion, de pause et de reprise de connexion, de participation à une connexion et de sortie.

L'expéditeur déclenche le processus de création de connexion. Une partie ou la totalité des destinataires enrôlés participeront à la connexion et seront désignés comme "destinataires actifs". Tout destinataire enrôlé qui n'est pas actif peut participer à la connexion en tant que participant tardif. Un destinataire actif peut quitter la connexion. Une fois la connexion créée, l'expéditeur commence à transmettre les données multidiffusées. Si des problèmes de réseau (par exemple un important encombrement) sont signalés par les fonctions de gestion de la qualité de service du protocole ECTP (définies dans la partie 2 du protocole ECTP), l'expéditeur suspend temporairement la transmission des données en multidiffusion en demandant une pause de la connexion. Après un délai défini à l'avance, l'expéditeur reprend la transmission des données. Si toutes les données multidiffusées ont été transmises, l'expéditeur met fin à la connexion.

Le protocole ECTP offre des mécanismes de gestion de la fiabilité pour le transport de données en multidiffusion. Ces mécanismes sont conçus de manière à être compatibles avec ceux qui sont proposés dans le cadre de l'IETF. Pour assurer la gestion de la fiabilité avec échelonnabilité, l'IETF a proposé trois méthodes: accusé de réception de type arborescent (TRACK, *tree based ACK*), correction d'erreur directe (FEC, *forward error correction*) et multidiffusion fiable axé sur un accusé de réception négatif (NORM, *negative ACK oriented reliable multicast*). Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients et chaque prestataire de services peut adopter une méthode différente pour l'implémentation de la gestion de la fiabilité. Le protocole ECTP adopte la méthode TRACK car elle est plus proche des mécanismes TCP existants et plus adaptable au cadre du protocole ECTP.

Pour la gestion de la fiabilité de type arborescent, une arborescence hiérarchique est configurée pendant la création de la connexion. L'expéditeur est la racine de l'arborescence de gestion, qui peut définir une relation parent-enfant entre toute paire des nœuds de l'arborescence. Cette structure arborescente peut entraîner l'apparition de propriétaires locaux (parents) aux niveaux inférieurs de l'arborescence à mesure que la structure de gestion s'étend. Chaque propriétaire local créé devient la racine de sa propre arborescence de gestion locale. Le propriétaire de la connexion sera donc la racine de l'arborescence de gestion globale. Une correction d'erreur est assurée pour chaque groupe local défini par une arborescence de gestion. Chaque parent retransmet les données perdues en réponse aux demandes de retransmission de ses enfants.

**NORME INTERNATIONALE  
RECOMMANDATION UIT-T**

**Technologies de l'information – Protocole de transport de communications amélioré:  
spécification du transport simplex en multidiffusion**

## **1 Domaine d'application**

La présente Recommandation | Norme internationale définit le protocole de transport de communications amélioré (ECTP), qui est un protocole de transport visant à prendre en charge les applications multidiffusion Internet fonctionnant sur les réseaux IP pouvant assurer la multidiffusion.

Elle définit le protocole ECTP destiné à la connexion de transport multidiffusion simplex, qui comprend un expéditeur et de nombreux destinataires. Elle spécifie les procédures du protocole pour les opérations suivantes:

- a) création d'une connexion avec création d'une arborescence;
- b) transmission de données en multidiffusion;
- c) gestion de la fiabilité de type arborescent avec détection d'erreur, demande de retransmission et retransmission;
- d) participation tardive et sortie;
- e) mise à jour de la composition de l'arborescence;
- f) fin de la connexion.

## **2 Références normatives**

Les Recommandations et Normes internationales suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Recommandation | Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toutes Recommandations et Normes sont sujettes à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Recommandation | Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des Recommandations et Normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur. Le Bureau de la normalisation des télécommunications de l'UIT tient à jour une liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur.

- Recommandation UIT-T X.601 (2000), *Cadre général des communications entre homologues multiples*.
- Recommandation UIT-T X.605 (1998) | ISO/CEI 13252:1999, *Technologies de l'information – Définition du service de transport de communications amélioré*.

## **3 Définitions**

### **3.1 Termes définis dans la Rec. UIT-T X.601**

La présente Recommandation | Norme internationale est fondée sur les définitions des groupes multidiffusées indiquées dans la Rec. UIT-T X.601, Cadre général des communications entre homologues multiples.

- a) Groupe enrôlé;
- b) Groupe actif.

### **3.2 Termes définis dans la Rec. UIT-T X.605 | ISO/CEI 13252**

La présente Recommandation | Norme internationale est fondée sur les concepts élaborés dans la Rec. UIT-T X.605 | ISO/CEI 13252, Définition du service de transport de communications amélioré.

- a) Connexion de transport;
- b) Simplex.



### 3.3 Termes définis dans la présente Recommandation | Norme internationale

Aux fins de la présente Recommandation | Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables :

**3.3.1 application:** représente une application multidiffusion Internet dans la présente spécification. Elle correspond à un utilisateur du service de transport dans le mode OSI. Elle échange des primitives de service de transport avec l'entité de protocole de transport correspondante. Sur Internet, elle communique avec l'entité de protocole de transport par le biais d'une interface de connexion.

**3.3.2 paquet:** représente une unité de données de transport, équivalente à un segment dans le protocole TCP/IP et à une unité de données protocolaire de transport (TPDU, *transport protocol data unit*) dans le modèle OSI. Une entité de transport communique avec une autre entité de transport en transmettant des paquets. Une entité de protocole de transport crée un paquet, qui est encapsulé dans un datagramme IP, puis remis à l'entité de destination sur le réseau.

**3.3.3 expéditeur:** représente une entité de protocole de transport qui envoie les données multidiffusées aux destinataires.

**3.3.4 destinataire:** représente une entité de protocole de transport qui reçoit les données multidiffusées.

**3.3.5 arborescence:** arborescence logique hiérarchique utilisée pour offrir une gestion échelonnée de la fiabilité. Une arborescence définit une relation parent-enfant entre une paire de nœuds de l'arborescence. L'expéditeur et les destinataires sont organisés en arborescence. Dans la hiérarchie arborescente, un nœud d'arborescence est désigné comme propriétaire principal (TO, *top owner*), propriétaire local (LO, *local owner*) ou entité feuille (LE, *leaf entity*). Le propriétaire principal est l'unique expéditeur dans le protocole ECTP. Tous les destinataires sont désignés comme propriétaires locaux ou entités feuilles.

**3.3.6 propriétaire principal (TO, *top owner*):** expéditeur unique dans la connexion multidiffusion simplex ECTP. Le propriétaire principal est la racine de l'arborescence et gère les opérations globales du protocole relatives à la connexion.

**3.3.7 propriétaire local (LO, *local owner*):** destinataire qui gère un groupe local. Un propriétaire local est responsable des opérations globales du protocole relatives à son groupe local défini par l'arborescence de gestion. Pour la reprise après incident, il retransmet les données multidiffusées qui ont été perdues par ses enfants. Pour le contrôle de flux et la gestion des encombrements, il regroupe les informations de gestion concernant tous ses enfants, puis transmet l'ensemble des informations au propriétaire principal (TO). Au niveau des opérations de gestion de la fiabilité, un propriétaire principal est aussi un propriétaire local.

**3.3.8 entité feuille (LE, *leaf entity*):** destinataire qui n'a pas été désigné comme propriétaire local (LO). Une entité feuille ne peut pas avoir d'enfants. Elle occupe une place de nœud feuille sur l'arborescence.

**3.3.9 groupe local:** comprend un parent et ses enfants dans la hiérarchie arborescente.

**3.3.10 parent:** nœud parent d'un groupe local. Un propriétaire principal (TO) ou un propriétaire local (LO) peut être un parent.

**3.3.11 enfant:** nœud enfant d'un groupe local. Un propriétaire local (LO) ou une entité feuille (LE) peut être un enfant.

## 4 Abréviations

Pour les besoins de la présente Recommandation | Norme Internationales les abréviations suivantes sont utilisées:

### 4.1 Types de paquet

|     |   |
|-----|---|
| ACK | Accusé de réception ( <i>acknowledgment</i> )                           |
| CC  | Confirmation de création de connexion                                   |
| CR  | Demande de création de connexion ( <i>connection creation request</i> ) |
| CT  | Fin de connexion ( <i>connection termination</i> )                      |
| DT  | Données ( <i>data</i> )   |
| HB  | Pulsation ( <i>heartbeat</i> )  |
| JC  | Confirmation de participation tardive ( <i>late join confirm</i> )      |

|    |   |
|----|---|
| JR | Demande de participation tardive ( <i>late join request</i> )               |
| LR | Demande de sortie ( <i>leave request</i> )                                  |
| ND | Données nulles ( <i>null data</i> )   |
| RD | Données de retransmission ( <i>retransmission data</i> )                    |
| TC | Confirmation de participation à l'arborescence ( <i>tree join confirm</i> ) |
| TJ | Demande de participation à l'arborescence ( <i>tree join request</i> )      |

## 4.2 Divers

|      |   |
|------|---|
| ECTP | Protocole de transport de communications amélioré ( <i>enhanced communications transport protocol</i> ) |
| ECTS | Service de transport de communications amélioré ( <i>enhanced communications transport service</i> )    |
| IETF | Groupe de travail d'ingénierie Internet ( <i>Internet engineering task force</i> )                      |
| IGMP | Protocole de gestion de groupe Internet ( <i>Internet group management protocol</i> )                   |
| IP   | Protocole Internet ( <i>Internet protocol</i> )   |
| QS   | Qualité de service  |
| RFC  | Demande de commentaires ( <i>request for comments</i> )   |
| RMT  | Transport multidiffusion fiable ( <i>reliable multicast transport</i> )                                 |
| SAP  | Protocole d'annonce de session ( <i>session announcement protocol</i> )                                 |
| SDP  | Protocole de description de session ( <i>session description protocol</i> )                             |
| TCP  | Protocole de commande de transmission ( <i>transmission control protocol</i> )                          |
| UDP  | Protocole datagramme d'utilisateur ( <i>user datagram protocol</i> )                                    |

## 5 Conventions

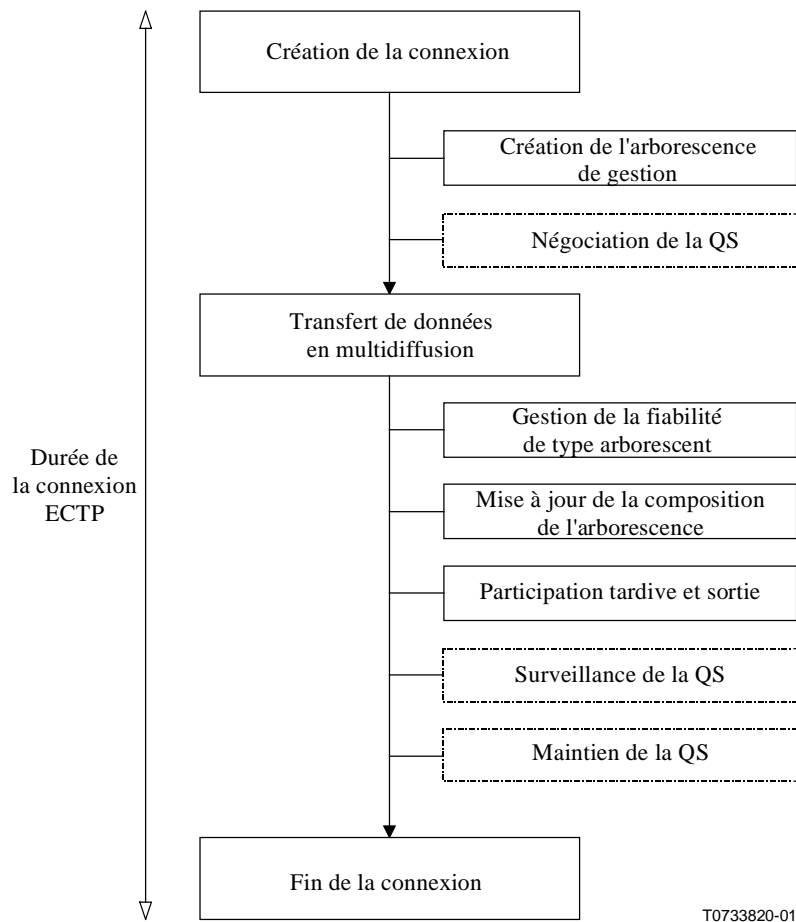
Dans la présente Recommandation | Norme internationale, les mots clés "DOIT", "REQUIS", "NE DOIT PAS", "DEVRAIT", "NE DEVRAIT PAS", "PEUT" et "FACULTATIF" doivent être interprétés ainsi qu'il est décrit dans le document IETF RFC 2119 et indiquent le degré auquel une prescription est contraignante pour l'implémentation du protocole ECTP. Les majuscules et les minuscules sont différenciées pour ces mots clés.

## 6 Aperçu général

Le protocole ECTP est un protocole de transport destiné à prendre en charge les applications multidiffusion Internet. Il fonctionne sur les réseaux IPv4/IPv6 ayant une capacité de transmission multidiffusion IP.

La présente Spécification décrit le protocole ECTP destiné à la connexion de transport multidiffusion simplex, qui comprend un expéditeur et de nombreux destinataires. Le protocole ECTP assure les fonctions de gestion de connexion, qui sont fondées sur la Rec. UIT-T X.605 | ISO/CEI 13252. Ces fonctions comprennent les opérations de création et de fin de connexion, de pause et de reprise de connexion, de participation à une connexion et de sortie. Pour un transfert fiable des données multidiffusées, le protocole ECTP offre également des mécanismes assurant la protection contre les erreurs, le contrôle de flux et la gestion des encombrements. Pour permettre l'échelonnabilité par rapport à des groupes multidiffusés de grande taille, on utilise des mécanismes de gestion de la fiabilité de type arborescent qui sont compatibles avec ceux proposés par le Groupe de travail RMT de l'IETF.

La Figure 2 donne un aperçu des opérations du protocole ECTP.



**Figure 2 – Opérations du protocole ECTP**

Comme indiqué sur la figure, les opérations de gestion de la qualité de service telles que la négociation, la surveillance et le maintien de la qualité de service seront spécifiées dans la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2. En particulier, le maintien de la qualité de service comprend les opérations de pause et de reprise de connexion et les opérations de contrôle de flux et de gestion des encombrements.

Avant la création d'une connexion de transport ECTP, les destinataires potentiels sont enrôlés dans le groupe multidiffusé, qui est dénommé groupe enrôlé (voir le § 8.1). Pendant l'enrôlement, les processus d'authentification peuvent être effectués conjointement avec la distribution des clés de groupes. Les adresses multidiffusion IP et les numéros de port doivent être annoncés aux destinataires. Ces opérations d'enrôlement peuvent être fondées sur les protocoles bien connus SAP/SDP, HTTP (annonce de pages Web) et SMTP (messagerie électronique). Ces mécanismes d'enrôlement spécifiques ne relèvent pas du cadre de la présente Spécification.

Un destinataire enrôlé sera connecté au réseau pouvant assurer la multidiffusion au moyen des protocoles de routage multidiffusion IP et IGMP, qui utiliseront les adresses multidiffusion annoncées. Une connexion de transport ECTP est créée pour les destinataires enrôlés.

Le protocole ECTP est destiné à prendre en charge des connexions multidiffusion étroitement contrôlées. L'expéditeur ECTP est au centre des communications du groupe multidiffusé. Désigné comme propriétaire de la connexion (TO), il est responsable de la gestion globale de la connexion en ce sens qu'il gère les opérations de création et de fin de connexion, de pause et de reprise de connexion, de participation tardive à une connexion et de sortie.

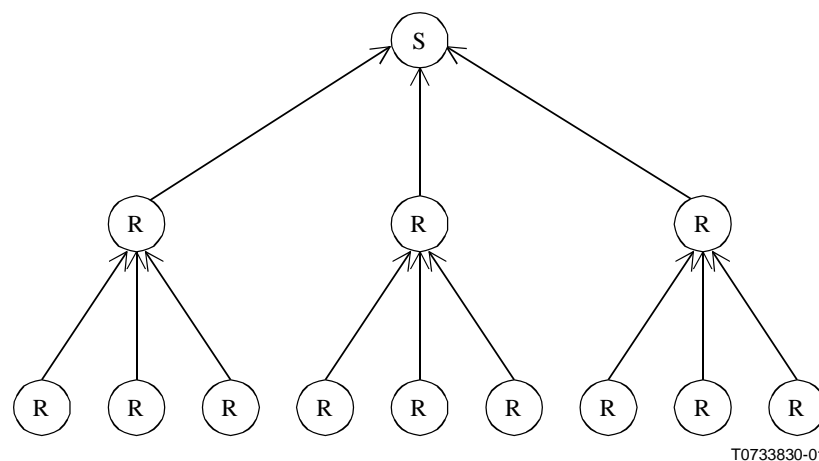
L'expéditeur ECTP déclenche le processus de création de connexion en envoyant un message de création de connexion. Une partie ou la totalité des destinataires enrôlés peuvent répondre en adressant des messages de confirmation à l'expéditeur. La création de la connexion est achevée lorsque l'expéditeur reçoit les messages de confirmation de tous les destinataires actifs ou à l'expiration d'une temporisation prédéfinie (voir le § 8.2).

Pendant la création de la connexion, une partie ou la totalité des destinataires du groupe enrôlé se joindront à la connexion. Les destinataires qui se sont joints à la connexion sont dénommés destinataires actifs. Un destinataire enrôlé qui n'est pas actif peut se joindre à la connexion en tant que participant tardif (voir le § 8.6). Celui-ci envoie une demande de participation à l'expéditeur. En réponse à cette demande, l'expéditeur transmet un message de confirmation de participation qui indique si la demande de participation est acceptée ou non. Un destinataire actif peut quitter la connexion en envoyant une demande de sortie à l'expéditeur. Un destinataire qui cause des perturbations car il ne peut pas soutenir le débit de transmission de données peut être éjecté (voir le § 8.7).

Après la création d'une connexion, l'expéditeur commence à transmettre les données multidiffusées (voir le § 8.3). Pour la transmission de données, un flux de données d'application est segmenté de manière séquentielle et transmis par paquets de données aux destinataires. Ces derniers transmettront les paquets de données reçus aux applications dans l'ordre selon lequel ils ont été transmis par l'expéditeur.

Pour que le protocole soit échelonnable à des groupes multidiffusés de grande taille, le protocole ECTP utilise des mécanismes de gestion de la fiabilité de type arborescent. Une arborescence hiérarchique est configurée pendant la création de la connexion. Une arborescence de gestion définit une relation parent-enfant entre toute paire de nœuds de l'arborescence. L'expéditeur est la racine de l'arborescence de gestion. Dans la hiérarchie arborescente, un ensemble de groupes locaux est défini. Un groupe local comprend un parent et aucun ou plusieurs enfants. La protection contre les erreurs, le contrôle de flux et la gestion des encombrements sont assurés pour chaque groupe local défini par l'arborescence de gestion.

La Figure 3 représente une hiérarchie de gestion arborescente pour la gestion de la fiabilité, dans laquelle une relation parent-enfant est configurée entre un expéditeur (S, *sender*) et un destinataire (R, *receiver*), ou entre un parent destinataire (R) et son enfant destinataire (R).



**Figure 3 – Hiérarchie de gestion arborescente pour la gestion de la fiabilité**

Le protocole ECTP définit les procédures du protocole visant la création d'une arborescence. Pendant cette opération, une arborescence de gestion est progressivement étendue de l'expéditeur aux destinataires (voir le § 8.2.2). Il s'agit d'une configuration descendante. Par ailleurs, le Groupe de travail RMT de l'IETF a proposé une approche ascendante dans laquelle ce sont les destinataires qui configurent l'arborescence (voir l'Annexe B). A l'avenir, ces systèmes pourront être incorporés dans le protocole ECTP en tant qu'options potentielles pour la création d'arborescences.

La composition de l'arborescence est mise à jour pendant la connexion. Un participant tardif peut se joindre à l'arborescence de gestion. Le participant tardif écoute les messages de pulsation émanant d'un ou de plusieurs parents situés sur l'arborescence puis se joint au parent qui convient le mieux. Lorsqu'un enfant quitte la connexion, le parent le supprime de la liste des enfants. Les défaillances de nœuds sont détectées au moyen de messages de gestion périodiques tels que messages de données nulles, messages de pulsation et messages d'accusé de réception. L'expéditeur transmet des messages de données nulles périodiques pour indiquer qu'il existe toujours, même s'il n'a pas de données à transmettre. Chaque parent envoie périodiquement des messages de pulsation à ses enfants. De son côté, chaque enfant transmet des messages d'accusé de réception périodiques à son parent (voir le § 8.8).

Dans le protocole ECTP, la correction d'erreur est assurée pour chaque groupe local défini par une arborescence de gestion (voir le § 8.4). Si un enfant détecte une perte de données, il envoie une demande de retransmission à son parent au moyen de paquets ACK.

Un message ACK contient les informations qui identifient les paquets de données qui ont été effectivement reçus. Chaque enfant peut envoyer un message ACK à son parent en appliquant l'un des deux critères de création d'accusés de réception: fréquence de création de paquets ACK et temporisateur ACK. Si le trafic de données est important, un accusé de réception est généré pour le nombre ACK de paquets de données. Si le trafic est faible, un message ACK sera transmis après l'expiration du temporisateur ACK.

Après la retransmission des données, le parent active un temporisateur d'attente de retransmission. Pendant l'intervalle de temps, la ou les demandes de retransmission concernant les mêmes données ne seront pas prises en compte. Chaque parent peut effacer les données de sa mémoire tampon si tous ses enfants en ont accusé réception.

Les informations de contrôle de flux et de gestion des encombrements sont transmises des destinataires à l'expéditeur, le long de l'arborescence de gestion. Ce processus de gestion sera décrit en détail dans la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2, qui définit la gestion de la qualité de service pour le transport multidiffusion simplex. L'expéditeur ajustera le débit de transmission en fonction des informations de contrôle de flux et de gestion des encombrements.

Pendant la transmission de données, si des problèmes de réseau (par exemple un important encombrement) sont signalés par les fonctions de gestion de la qualité de service définies dans la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2, l'expéditeur suspend temporairement la transmission en multidiffusion. Pendant cette période, aucune nouvelle donnée n'est transmise, tandis que l'expéditeur transmet des messages de données nulles périodiques pour indiquer qu'il existe toujours. Après l'écoulement d'un délai prédéfini, l'expéditeur reprend la transmission de données en multidiffusion (voir le § 8.5).

L'expéditeur met fin à la connexion en envoyant un message de fin à tous les destinataires, une fois toutes les données multidiffusées transmises. La connexion peut aussi prendre fin à cause d'une erreur fatale de protocole comme un échec de la connexion (voir le § 8.9).

## 7 Éléments du protocole

### 7.1 Nœuds

Les mécanismes du protocole ECTP sont fondés sur une arborescence de gestion logique, qui définit une relation parent-enfant entre toute paire de nœuds de l'arborescence. Chaque nœud de l'arborescence relève de l'un des trois types de nœud suivants: propriétaire principal (TO), propriétaire local (LO) et entité feuille (LE).

a) Propriétaire principal (TO, *top owner*)

Le propriétaire principal est la racine de l'arborescence de gestion ainsi que l'unique expéditeur de la connexion multidiffusion simplex. Il gère les fonctions globales de gestion de connexion, y compris la création et la fin de la connexion. Pendant la phase de création de la connexion, une arborescence de gestion est configurée par des interactions entre l'expéditeur et les destinataires. Une fois la connexion créée, le propriétaire principal envoie les données multidiffusées aux destinataires. Il peut suspendre provisoirement la connexion, puis la reprendre. Il peut admettre ou rejeter les membres du groupe qui souhaitent se joindre à la connexion existante. Une fois toutes les données transmises, le propriétaire principal met fin à la connexion de transport multidiffusion.

b) Propriétaire local (LO, *local owner*)

Dans la connexion ECTP, certains destinataires peuvent être désignés comme propriétaire local. Chaque propriétaire local a des enfants qui sont d'autres propriétaires locaux ou des entités feuilles. Les propriétaires locaux sont donc des nœuds intérieurs de l'arborescence. Chaque propriétaire local retransmet les données multidiffusées qui ont été perdues par ses enfants. Il regroupe aussi les informations de contrôle de flux et de gestion des encombrements émanant de ses enfants et transmet les informations regroupées au propriétaire principal. Ce dernier est aussi un propriétaire local en ce qui concerne les opérations de gestion de la fiabilité.

c) Entité feuille (LE, *leaf entity*)

On appelle entité feuille un destinataire qui n'a pas été désigné comme propriétaire local. Une entité feuille ne peut pas avoir d'enfants. Elle occupe donc une position de nœud feuille sur l'arborescence de gestion.

Le propriétaire principal est l'unique expéditeur. Les propriétaires locaux et les entités feuilles sont des destinataires. Dans la hiérarchie arborescente, un groupe local est constitué d'un parent et de ses enfants. Le propriétaire principal ou un propriétaire local peut être un parent, et un propriétaire local ou une entité feuille peut être un enfant.

Dans la hiérarchie arborescente, un propriétaire local retransmet les données multidiffusées perdues à ses enfants (reprise après incident) et transmet les informations de contrôle de flux et de gestion des encombrements au propriétaire principal. En outre, chaque propriétaire local est habilité à éjecter un enfant perturbateur pour maintenir la stabilité de la connexion. Il est donc prévu que les propriétaires locaux ont davantage de pouvoirs et de responsabilités que les entités feuilles en matière de traitement.

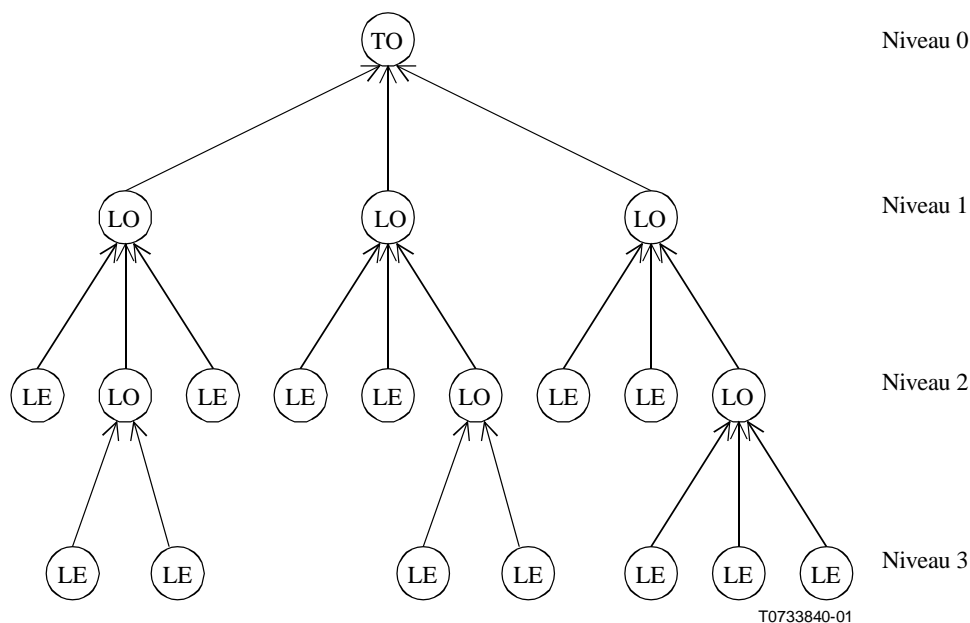
Dans le protocole ECTP, il est présumé que certains des destinataires ont été désignés comme propriétaires locaux avant la création de la connexion. La présente spécification ne vise pas le choix des propriétaires locaux parmi les destinataires pendant la connexion. Autrement dit, avant la création de la connexion (ou pendant la phase d'enrôlement), chaque destinataire DOIT savoir s'il est un propriétaire local ou une entité feuille. Dans un groupe de très petite taille ou sur des réseaux asynchrones tels que des réseaux satellitaires ou mobiles, aucun propriétaire local ne peut être désigné. Dans ces environnements, tous les destinataires seront des entités feuilles.

Un propriétaire local peut être un hôte d'extrémité ou un serveur spécialisé. Sur les réseaux à gestion privée, les serveurs spécialisés fonctionnent probablement comme propriétaires locaux. Sur les réseaux publics, les hôtes d'extrémité peuvent être utilisés comme propriétaires locaux. Dans chaque cas, un propriétaire local est un destinataire et effectue, en tant que parent, les opérations de gestion de la fiabilité pour son groupe local.

## 7.2 Arborescence de gestion

Après la création d'une connexion, le propriétaire principal transmet les données à tous les destinataires en mode multidiffusion. Chaque enfant envoie à son parent des informations d'état concernant la réception des données. Les informations seront ainsi transmises au propriétaire principal le long de l'arborescence de gestion. Les flux de données multidiffusées sont transmis du propriétaire principal (TO) aux propriétaires locaux (LO) et aux entités feuilles (LE) dans le sens descendant, tandis que les informations de gestion sont transmises des entités feuilles au propriétaire principal par le biais des propriétaires locaux, dans le sens ascendant, le long de l'arborescence de gestion.

La Figure 4 représente la structure générale d'une arborescence de gestion ECTP.



**Figure 4 – Arborescence de gestion ECTP**

Une arborescence de gestion définit la relation parent-enfant entre toute paire de nœuds. L'arborescence de gestion communique à chaque nœud d'arborescence les informations suivantes:

- qui est mon nœud parent ? (propriétaires locaux et entités feuilles);
- qui sont mes nœuds enfants ? (propriétaire principal et propriétaires locaux).

A partir des informations décrites ci-dessus, un nœud de l'arborescence peut tenir à jour la liste de ses parents et/ou de ses enfants. Dans la liste, chaque élément est identifié par son adresse de transport et tous les éléments sont disposés selon l'ordre d'une règle prédéfinie telle qu'une adresse IP ou une distance de bond, etc. La liste des parents peut comprendre un ou plusieurs éléments, dont certains seront utilisés comme nœuds parents de secours en cas de défaillance du nœud parent existant.

Le protocole ECTP offre trois options de configuration de l'arborescence (voir le § 8.2.2). D'autres options additionnelles pourront être définies à l'avenir selon les prescriptions des applications multidiffusion (voir l'Annexe B).

## **7.3 Adressage**

### **7.3.1 Port**

Le protocole ECTP se sert d'une série de ports pour identifier les différentes applications dans un hôte d'extrémité IP. Le numéro de port est inséré dans chaque en-tête de paquet. En général, un hôte IP peut prendre en charge un certain nombre de ports, et chaque numéro de port est unique pour l'hôte. La liaison des ports aux processus est gérée de manière indépendante par chaque hôte.

Pour une connexion de transport multidiffusion, au moins deux ports sont utilisés. Si l'interface de connexion est utilisée pour l'implémentation, elle sera reliée à au moins deux ports. L'un de ces derniers est un port utilisé pour la transmission et la réception de données en multidiffusion, qui DOIT être annoncé aux membres du groupe avant la création de la connexion. L'autre port est un port attribué localement dans un système et sera appelé numéro de port de destination pour la transmission des messages de gestion unidiffusés.

A la libération d'une connexion de transport, il est nécessaire d'empêcher le port existant d'être réutilisé par une autre nouvelle connexion car les paquets associés à ce port peuvent encore exister sur le réseau et arriver à destination même après la fin de la connexion. Il est donc recommandé de geler le port concerné si la connexion est libérée. Le port gelé NE DOIT PAS être réutilisé par une autre connexion pendant un laps de temps déterminé.

### **7.3.2 Adresses de transport**

Une adresse de transport est définie comme étant une paire constituée d'une adresse IP et d'un numéro de port. L'adresse de transport multidiffusion comprend une adresse multidiffusion IP et un numéro de port. Le propriétaire principal (TO) envoie des données multidiffusées en définissant l'adresse de transport multidiffusion comme adresse de transport de destination. Chaque destinataire reçoit les données multidiffusées du propriétaire principal à l'adresse de transport multidiffusion. Cette adresse de transport multidiffusion destinée à la transmission de données DOIT être annoncée à tous les membres du groupe pendant la phase d'enrôlement.

Une adresse de transport unidiffusion est identifiée par une paire constituée d'une adresse unidiffusion IP et d'un numéro de port local. Lorsque le propriétaire principal envoie des données multidiffusées, il définit comme adresse de transport source correspondante son adresse de transport unidiffusion. Celle-ci est aussi utilisée lorsqu'un nœud transmet un message de gestion unidiffusion à un autre nœud.

### **7.3.3 Données multidiffusées et adresses de gestion**

En mode ECTP, le propriétaire principal (TO) envoie des données à tous les destinataires en mode multidiffusion, alors que les propriétaires locaux (LO) envoient des données de retransmission et des messages de gestion à leur groupe local en mode multidiffusion.

Selon la manière dont le mode multidiffusion est déployé sur le réseau, le propriétaire principal et les propriétaires locaux peuvent partager une seule adresse multidiffusion IP ou utiliser différentes adresses multidiffusion IP. Par exemple, le protocole de routage multidiffusion spécifique à la source (SSM, *source specific multicast*) définit une voie multidiffusion au moyen d'une paire constituée d'une adresse multidiffusion IP et d'une adresse unidiffusion source. En mode SSM, une voie multidiffusion est spécifique à l'expéditeur (voir l'Annexe A pour plus de détails).

Sur les réseaux où le propriétaire principal et les propriétaires locaux utilisent différentes adresses ou voies multidiffusion, toutes les adresses multidiffusion employées DOIVENT être annoncées aux membres du groupe avant la création de la connexion. Dans ce cas, l'une d'entre elles est utilisée pour la transmission de données en multidiffusion par le propriétaire principal, et les autres sont destinées aux commandes multidiffusion effectuées par les propriétaires locaux, par exemple la retransmission des données multidiffusées et la transmission multidiffusion des messages de gestion.

## 7.4 Paquets

Les paquets ECTP sont classés en paquets de données et paquets de gestion. Les données (DT, *data*) et les données de retransmission (RD, *retransmission data*) sont des paquets de données. Tous les autres paquets sont utilisés à des fins de gestion. Le Tableau 1 récapitule les paquets utilisés dans le protocole ECTP. Dans le tableau, le type de transport "multidiffusion" représente le mode multidiffusion global qui se sert d'une adresse de données multidiffusion, alors que le type "multidiffusion locale" effectue une multidiffusion locale au moyen d'une adresse de gestion multidiffusion. Les paquets de gestion RD et HB sont transmis d'un propriétaire local à son groupe local (c'est-à-dire ses enfants) en mode multidiffusion locale.

**Tableau 1 – Paquets ECTP**

| Paquet  | Abréviation | Type de transport       | De                | A                 |
|---|-------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| Demande de création   | CR          | Multidiffusion          | Expéditeur        | Destinataires     |
| Confirmation de création  | CC          | Unidiffusion            | Enfant            | Parent            |
| Demande de participation à l'arborescence   | TJ          | Unidiffusion            | Enfant            | Parent            |
| Confirmation de participation à l'arborescence  | TC          | Unidiffusion            | Parent            | Enfant            |
| Données   | DT          | Multidiffusion          | Expéditeur        | Destinataires     |
| Données nulles  | ND          | Multidiffusion          | Expéditeur        | Destinataires     |
| Données de retransmission   | RD          | Multidiffusion (locale) | Parent            | Enfants           |
| Accusé de réception   | ACK         | Unidiffusion            | Enfant            | Parent            |
| Pulsation   | HB          | Multidiffusion (locale) | Parent            | Enfants           |
| Demande de participation tardive  | JR          | Unidiffusion            | Destinataire      | Expéditeur        |
| Confirmation de participation tardive   | JC          | Unidiffusion            | Expéditeur        | Destinataire      |
| Demande de sortie   | LR          | Unidiffusion            | Parent/<br>Enfant | Enfant/<br>Parent |
| Fin de connexion  | CT          | Multidiffusion          | Expéditeur        | Destinataires     |
| NOTE 1 – L'expéditeur est le propriétaire principal (TO) et les destinataires sont les propriétaires locaux (LO) et les entités feuilles (LE).              |             |                         |                   |                   |
| NOTE 2 – Le parent est le propriétaire principal (TO) ou un propriétaire local (LO) et un enfant est un propriétaire local (LO) ou une entité feuille (LE). |             |                         |                   |                   |
| NOTE 3 – Voir le Tableau 3 au § 9.3 pour la structure détaillée des paquets.  |             |                         |                   |                   |

## 8 Procédures du protocole

### 8.1 Opérations antérieures à la création de la connexion

Avant la création d'une connexion ECTP, chaque membre potentiel du groupe a été enrôlé dans le groupe multidiffusé. Ce membre est dénommé membre du groupe enrôlé (voir la Rec. UIT-T X.601). Une partie ou la totalité des utilisateurs du groupe enrôlé participeront à la connexion ECTP.



Avant de se joindre à la connexion multidiffusion, un membre du groupe enrôlé DOIT être relié à l'interface de réseau au moyen des protocoles de routage multidiffusion IP et IGMP. Cela permet au membre enrôlé de recevoir les données multidiffusées et les paquets de gestion émanant du propriétaire principal et des propriétaires locaux.

Un utilisateur enrôlé obtient des informations sur la session multidiffusion, y compris les adresses IP et les numéros de port, par le biais des protocoles SDP/SAP, HTTP (page Web) ou de la messagerie électronique. Les mécanismes d'enrôlement détaillés ne relèvent pas de la spécification relative au protocole ECTP.

Pour faire en sorte qu'un utilisateur enrôlé participe à la connexion ECTP, les adresses de transport suivantes DOIVENT être annoncées au groupe enrôlé, ainsi que les informations propres à la session:

- 1) adresse de transport (données) du groupe multidiffusé: une adresse multidiffusion IP et un numéro de port:  
la combinaison adresse multidiffusion IP et numéro de port DOIT être spécifique à une connexion ECTP et sera utilisée par le propriétaire principal (TO) pour transmettre les données multidiffusées aux destinataires;
- 2) adresse de transport unidiffusion du propriétaire principal: une adresse unidiffusion IP et un numéro de port:  
l'adresse IP et le numéro de port correspondent à l'adresse IP et au numéro de port source pour les paquets de données multidiffusées, respectivement. Ils seront également dénommés adresse IP de destination et numéro de port pour les paquets de gestion allant des destinataires au propriétaire principal;
- 3) adresse de transport unidiffusion du propriétaire local (LO): une adresse unidiffusion IP et un numéro de port:  
cette adresse de transport unidiffusion correspond à l'adresse IP source et au numéro de port pour les paquets de gestion multidiffusion tels que les paquets TJ et ACK. Elle est aussi dénommée adresse et numéro de port de destination pour les paquets de gestion allant des enfants au propriétaire local;
- 4) adresse de transport de gestion multidiffusion d'un propriétaire local: une adresse multidiffusion IP et un numéro de port:  
si le propriétaire principal et les propriétaires locaux utilisent différentes adresses multidiffusion, chaque propriétaire local annonce aussi son adresse multidiffusion et son numéro de port. L'adresse IP et le numéro de port seront utilisés par le propriétaire local pour transmettre aux enfants les paquets de gestion multidiffusion tels que les paquets HB et RD.

Au moyen des adresses multidiffusion, chaque membre enrôlé DOIT avoir été relié au réseau, par le biais des protocoles de routage multidiffusion IP ou IGMP, avant la création de la connexion. Le membre reçoit les messages de gestion multidiffusion et les messages de gestion de données émanant du propriétaire principal et des propriétaires locaux.

## 8.2 Création de la connexion

### 8.2.1 Procédures de création de la connexion

Le propriétaire principal (TO) lance la création de la connexion en envoyant un paquet CR aux destinataires enrôlés. Une partie ou la totalité des destinataires enrôlés répondront au moyen de leurs paquets CC respectifs. Le propriétaire principal achève la création de la connexion en regroupant ces paquets CC. Les destinataires qui ont pris part à la connexion sont dénommés "destinataires actifs".

Si un ou plusieurs propriétaires locaux (LO) sont utilisés pour créer l'arborescence, chaque entité feuille (LE) envoie son paquet CC à son propriétaire local parent. Celui-ci regroupe les paquets CC envoyés par ses enfants, puis envoie un paquet CC global à son parent.

Les procédures de création de la connexion sont récapitulées ci-après:

- 1) le propriétaire principal transmet un paquet CR à tous les destinataires en mode multidiffusion:  
le propriétaire principal active ensuite le temporisateur *délai de création de la connexion* (CCT, *connection creation time*);
- 2) lorsqu'un destinataire reçoit le paquet CR, il commence à configurer l'arborescence de gestion (voir le § 8.2.2);
- 3) après s'être joint à l'arborescence, chaque destinataire envoie un paquet CC à son parent en mode unidiffusion, puis attend les données multidiffusées du propriétaire principal. Chaque propriétaire local parent se trouvant sur l'arborescence regroupe les paquets CC émanant de tous les enfants puis envoie un paquet CC global à son parent;
- 4) le propriétaire principal regroupe les paquets CC émanant de ses enfants pendant l'activation du temporisateur CCT. Si celui-ci arrive à expiration, le propriétaire principal achève la création de la connexion pour les destinataires qui ont envoyé jusqu'alors des paquets CC.

La Figure 5 décrit les procédures générales de création de la connexion.

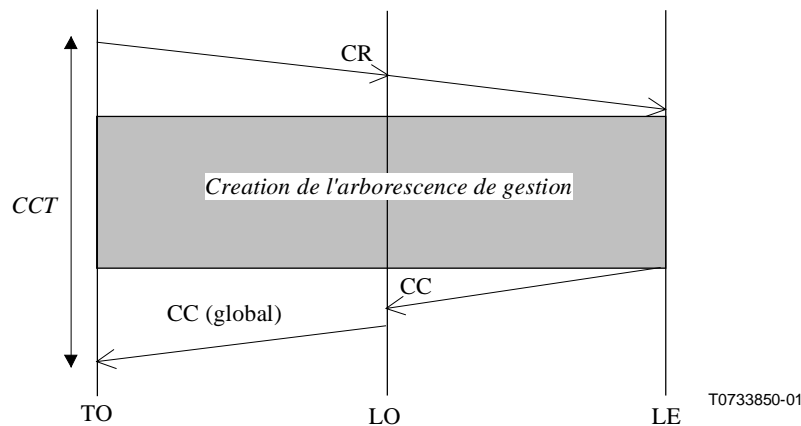


Figure 5 – Procédures de création de la connexion

Les procédures détaillées de création d'une arborescence indiquées sur la figure sont décrites au § 8.2.2.

A la fin de la création de la connexion, le propriétaire principal transmet les données multidiffusées. Les destinataires qui n'ont pas participé à la connexion peuvent s'y joindre en tant que participants tardifs (voir le § 8.6).

Tous les membres du groupe, à savoir l'expéditeur et les destinataires, activent le temporisateur *délai d'inactivité* (IAT, *inactivity time*) lorsque la création de la connexion est indiquée. Le temporisateur IAT permet d'assurer une protection contre un fonctionnement anormal du protocole. Il est réinitialisé chaque fois qu'un nouveau paquet arrive. S'il arrive à expiration sans qu'un paquet n'ait été reçu, le nœud correspondant conclut à un échec de la connexion.

### 8.2.2 Création de l'arborescence de gestion

Lors de la création de la connexion, le protocole ECTP configure une arborescence de gestion hiérarchique qui relie le propriétaire principal (TO) et les entités feuilles (LE) par le biais d'aucun ou de plusieurs propriétaires locaux. Le protocole ECTP offre trois options pour créer l'arborescence:

- a) Option 1: configuration de niveau 1, dans laquelle aucun propriétaire local (LO) n'est utilisé.
- b) Option 2: configuration de niveau 2, dans laquelle tous les propriétaires locaux sont reliés au propriétaire principal.
- c) Option 3: configuration générale, dans laquelle plus de deux niveaux d'arborescence peuvent être configurés.

L'une de ces trois options DOIT être spécifiée dans l'élément informations de connexion (voir le § 9.2.1). Selon l'infrastructure du réseau, d'autres options pourront être définies pour la création de l'arborescence à l'avenir, parmi lesquelles les systèmes proposés par le Groupe de travail RMT de l'IETF. Ces options sont brièvement esquissées à l'Annexe B.

L'algorithme de création de l'arborescence crée automatiquement une arborescence de gestion. Pour assurer une "configuration sans boucle" sur l'arborescence, une méthode descendante est appliquée pour les étapes de la procédure. En commençant par le propriétaire principal, l'arborescence est progressivement étendue par incorporation de propriétaires locaux et d'entités feuilles étrangers à l'arborescence, étape par étape.

Il est recommandé de recourir aux options 1 et 2 pour créer l'arborescence afin d'assurer la stabilité de fonctionnement et de maintien des mécanismes ECTP. Les Figures 6 et 7 illustrent l'arborescence de gestion créée avec les options 1 et 2 respectivement.

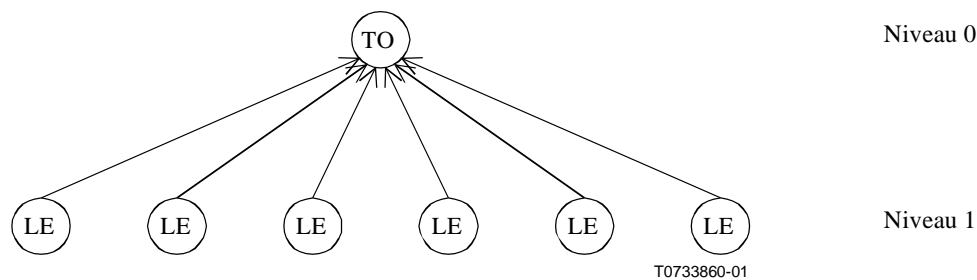


Figure 6 – Arborescence à un niveau de l'option 1

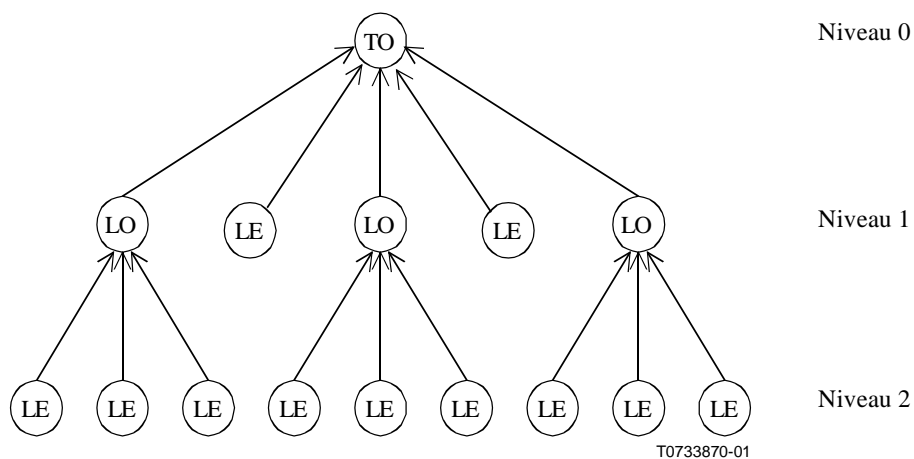


Figure 7 – Arborescence à deux niveaux de l'option 2

Chaque nœud destinataire lance la création de l'arborescence dès la réception d'un paquet CR. La présente Spécification indique d'abord les procédures de création d'arborescence pour l'option 2; les procédures correspondant aux options 1 et 3 seront décrites ultérieurement.

Dans l'option 2, tous les propriétaires locaux sont reliés au propriétaire principal, et chaque entité feuille peut se joindre à un propriétaire local se trouvant sur l'arborescence ou au propriétaire principal. La Figure 8 représente les procédures de création d'arborescence pour l'option 2.

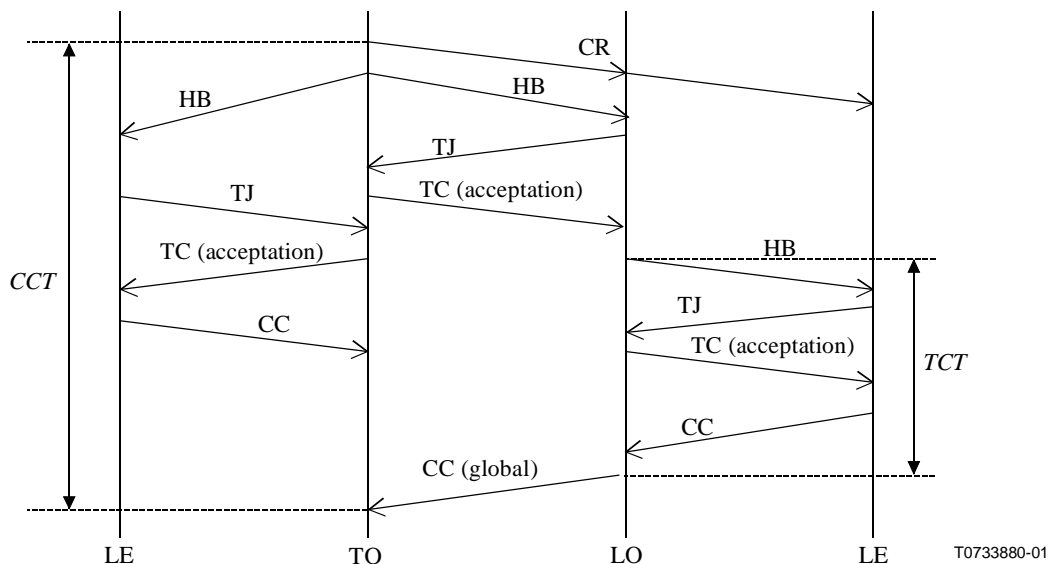


Figure 8 – Procédures de création d'arborescence

Les procédures de création d'arborescence sont récapitulées ci-après:

- 1) le propriétaire principal commence à envoyer des paquets HB périodiques à son adresse de gestion multidiffusion, juste après l'émission du paquet CR;
- 2) chaque propriétaire local se joint au propriétaire principal en envoyant un paquet TJ, puis active le temporisateur *délai de retransmission* (*RXT*, *retransmission time*);
- 3) le propriétaire principal répond à chaque propriétaire local au moyen d'un paquet TC. Celui-ci contient un bit indicateur qui signale si la demande de participation est acceptée ou non;
- 4) si un propriétaire local reçoit le paquet TC avec un indicateur d'acceptation dans le paramètre *RXT*, il figure désormais sur l'arborescence;  
 en cas de rejet, le propriétaire local ne peut figurer sur l'arborescence. Si le paquet TC n'arrive pas dans le délai *RXT*, le propriétaire local retransmet un paquet TJ au propriétaire principal;
- 5) chaque propriétaire local se trouvant sur l'arborescence commence à annoncer ses paquets HB périodiques à son adresse de gestion multidiffusion. Il active ensuite le temporisateur *délai de création de l'arborescence* (*TCT*, *tree creation time*), dont la durée est égale à la moitié de celle du délai *CCT*.

Chaque propriétaire local se trouvant sur l'arborescence utilise une adresse de gestion multidiffusion pour inviter ses enfants (voir le § 7.3.3). Chaque destinataire désireux d'être relié à l'arborescence de gestion DEVRAIT joindre une ou plusieurs adresses de gestion multidiffusion. Cela garantit que chaque propriétaire local ou entité feuille recevra les paquets HB émanant des parents potentiels.

Chaque entité feuille reçoit les paquets HB émanant du propriétaire principal et des propriétaires locaux se trouvant sur l'arborescence. Ces parents potentiels sont enregistrés dans sa liste de parents. Lorsqu'une entité feuille a une liste de parents qui se compose d'une ou de plusieurs entités, elle choisit le parent potentiel le plus approprié. Cette règle de sélection particulière est une question qui dépend de l'implémentation et peut être fondée sur la distance de bond la plus courte, le dernier paquet HB reçu ou l'adresse IP de niveau le plus bas, etc. Pour assurer le rétablissement en cas de défaillance d'un parent, il est souhaitable que chaque entité feuille ait deux parents potentiels ou plus dans sa liste de parents.

Ensuite, une entité feuille se joint au propriétaire principal ou à un propriétaire local de l'arborescence comme suit:

- 6) l'entité feuille envoie un paquet TJ au parent le plus approprié en mode unidiffusion, puis active le temporisateur *RXT*;
- 7) chaque propriétaire local de l'arborescence répond au moyen d'un paquet TC, qui contient le bit indicateur. L'acceptation ou le rejet est fondé sur le *nombre maximal d'enfants* (*MCN*, *maximum children number*);

- 8) si une entité feuille reçoit le paquet TC avec l'indicateur d'acceptation dans le délai *RXT*, elle figure désormais sur l'arborescence. L'entité feuille se trouvant sur l'arborescence envoie un paquet CC à son parent en mode unidiffusion. En cas de rejet, l'entité feuille essaie de se joindre à un autre propriétaire local de l'arborescence. Si le paquet TC n'arrive pas dans le délai *RXT*, l'entité feuille retransmet un paquet TJ au propriétaire local de l'arborescence;
- 9) si le temporisateur *TCT* vient à expiration, le propriétaire local regroupe les paquets CC et envoie un paquet CC global à son parent (c'est-à-dire le propriétaire principal). Si le temporisateur *CCT* vient à expiration, le propriétaire principal achève la création de la connexion et le processus de création d'arborescence.

Dans l'option 1, aucun propriétaire local n'est utilisé dans l'arborescence. En fait, aucune arborescence n'est configurée. Tous les destinataires deviennent les enfants du propriétaire principal. Cette option peut être utilisée dans les connexions multidiffusion qui ne présentent pas de problèmes d'échelonnabilité.

Dans l'option 3, une arborescence générale est configurée avec plus de deux niveaux. Une relation parent-enfant peut se créer entre deux propriétaires locaux. Ainsi, un propriétaire local peut être un enfant ou un parent d'un autre propriétaire local. Dans cette option, le mécanisme de création d'arborescence est identique à celui de l'option 2, sauf en ce qui concerne les points suivants:

- a) lorsqu'un propriétaire local figure sur l'arborescence, la valeur du *niveau d'arborescence existant* (*CTL*, *current tree level*) est incrémentée de 1. A noter qu'un propriétaire local enfant du propriétaire principal a une valeur de *CTL* de "1". A l'étape (5), pour un *nombre maximal de niveaux d'arborescence* (*MTL*, *maximum tree level*) donné, un propriétaire local fixe son délai *TCT* à une valeur égale à " $CCT * (MTL - CTL) / MTL$ ";
- b) les étapes (6), (7), (8) et (9), qui constituent le "processus de branchement", se dérouleront entre un propriétaire local parent et ses enfants. Un nouveau propriétaire local de l'arborescence lancera de nouveau le processus de branchement afin de trouver ses enfants jusqu'à ce que son temporisateur *TCT* vienne à expiration;
- c) pour garantir que l'arborescence croîtra de la racine vers les différents niveaux d'arborescence, chaque parent peut réserver une partie du *nombre maximal d'enfants* (*MCN*) pour les propriétaires locaux enfants.

Le paquet CC contient des informations sur le *nombre de destinataires actifs* (*ARN*, *active receivers number*). Chaque entité feuille fixe le nombre *ARN* à "1", tandis qu'un parent regroupe les valeurs *ARN* pour son groupe local en additionnant le nombre de ses descendants. De cette manière, le propriétaire principal peut savoir combien de destinataires sont actifs dans la connexion.

### 8.3 Transmission de données

Une fois la connexion créée, le propriétaire principal (TO) transmet les données multidiffusées à tous les destinataires. Il crée des paquets DT au moyen de la procédure de segmentation. Pour ce faire, il divise un flux de données multidiffusées en plusieurs paquets DT. Chaque paquet DT a son propre numéro de séquence (voir le § 8.3.2). Le propriétaire principal donne la valeur "1" au bit *F* de l'en-tête fixe (voir le § 9.1) pour le dernier paquet DT du flux de données.

Lorsque le propriétaire principal n'a pas de données à transmettre, il transmet des paquets ND périodiques. Le *délai relatif aux données nulles* (*NDT*, *null data time*) est un intervalle de temps entre les transmissions multidiffusion de paquets ND effectuées par le propriétaire principal. Le temporisateur *NDT* est activé une fois la connexion créée. Chaque fois qu'un paquet DT ou RD est transmis, ce temporisateur est réinitialisé. Si le temporisateur *NDT* vient à expiration, le propriétaire principal transmet un paquet ND.

Tous les paquets de données reçus sont transmis à l'application dans l'ordre de leur envoi par le propriétaire principal. Chaque destinataire rassemble les paquets reçus. Les paquets altérés et perdus sont détectés au moyen d'un total de contrôle (voir le § 8.3.1) et d'un numéro de séquence (voir le § 8.3.2). Un paquet altéré est considéré comme perdu. Les paquets DT perdus sont récupérés avec la fonction de protection contre les erreurs (voir le § 8.4.2).

Le protocole ECTP utilise le contrôle de flux en se fondant sur une fenêtre de taille fixe qui est identique à la *taille de la suite binaire du paquet ACK* (*ABS*, *ACK bitmap size*). La *taille de fenêtre* représente le nombre de paquets de données sans accusé de réception contenus dans la mémoire tampon d'envoi. L'expéditeur peut transmettre au maximum un nombre de paquets de données égal à la *taille de fenêtre* au débit de transmission de données configuré. Dans le protocole ECTP, le débit de transmission des données multidiffusées est régi par les mécanismes de contrôle de flux et de gestion des encombrements fondés sur le débit, qui sont définis dans la partie 2 du protocole ECTP relative à la spécification de la gestion de la qualité de service.

### 8.3.1 Total de contrôle

Cette fonction permet de détecter si un paquet reçu est altéré. Le total de contrôle vise un paquet entier, y compris l'en-tête, les éléments d'extension et/ou la partie données (voir le § 9.1). Le total de contrôle DOIT être appliqué à tous les types de paquets. Il est calculé et mémorisé par l'entité expéditrice, puis vérifié par l'entité destinataire.

Pour calculer le total de contrôle pour un paquet sortant, l'expéditeur fixe d'abord à "0" la valeur du total de contrôle. Ensuite, le complément à un sur 16 bits du total de contrôle du paquet est calculé, puis mémorisé dans le champ total de contrôle de l'en-tête fixe.

Si le total de contrôle calculé est égal à "0", il est mémorisé sous forme de bits de valeur 1 uniquement, c'est-à-dire 65535, qui est l'équivalent dans l'arithmétique du complément à un. A noter que si le total de contrôle transmis a une valeur "0", cela signifie que l'expéditeur n'a pas calculé le total de contrôle.

A réception d'un paquet, chaque destinataire calcule le complément à un sur 16 bits du total de contrôle du paquet. Le total de contrôle calculé DOIT être constitué uniquement de bits de valeur 1, puisque la valeur du total de contrôle correspond au total de contrôle mémorisé par l'expéditeur. Dans le cas contraire, il s'agit d'une erreur de total de contrôle. Dans ce cas, le destinataire rejette le paquet. Un paquet altéré est considéré comme perdu. Un paquet de données perdu déclenchera une demande de retransmission (voir le § 8.4.2).

### 8.3.2 Numéro de séquence

Un nouveau paquet DT est numéroté de manière séquentielle par le propriétaire principal. Le numéro de séquence permet la détection des paquets de données perdus par les destinataires et la gestion des mémoires tampons de transmission et de retransmission par le propriétaire principal et les propriétaires locaux.

Lorsqu'il transmet le paquet CR, le propriétaire principal choisit un numéro de séquence initial (*ISN*, *initial sequence number*). Le numéro *ISN* est créé de manière aléatoire avec une valeur différente de "0". Le numéro de séquence "0" PEUT servir à indiquer une connexion inactive.

Le numéro de séquence des paquets est incrémenté pour chaque nouveau paquet DT. Une arithmétique en modulo  $2^{32}$  est appliquée et le numéro de séquence reboucle sur "1" après avoir atteint " $2^{32} - 1$ ".

## 8.4 Reprise après incident

Les mécanismes de gestion de la fiabilité comprennent en général des opérations de reprise après incident, de contrôle de flux et de gestion des encombrements. Les mécanismes de contrôle de flux et de gestion des encombrements visent à ajuster le débit de transmission de données en fonction de l'état des destinataires et des réseaux, et ces objectifs sont adaptés aux objectifs de réalisation définis dans la spécification relative à la gestion de la qualité de service. Les opérations de contrôle de flux et de gestion des encombrements seront donc définies dans la spécification relative à la gestion de la qualité de service (Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2), ainsi que les opérations de surveillance et de maintien de la qualité de service.

La présente Spécification porte principalement sur la reprise après incident, qui comprend la détection des erreurs par les destinataires, la demande de retransmission par les destinataires au moyen du paquet ACK et la retransmission par les parents. L'ajustement du débit de transmission de données ne sera pas étudié dans la présente spécification (c'est-à-dire que l'expéditeur est censé transmettre les données multidiffusées à un débit fixe).

### 8.4.1 Détection des erreurs

Le champ total de contrôle de l'en-tête permet de détecter une altération des paquets et le numéro de séquence permet de détecter une perte de paquets. A réception d'un paquet, chaque destinataire examine le total de contrôle de l'en-tête. Si celui-ci n'est pas valide, le paquet est réputé altéré et doit être ignoré. Une altération est traitée comme une perte. La perte peut être détectée comme étant un écart entre deux numéros de séquence consécutifs concernant les paquets DT. La perte d'informations est enregistrée dans la suite binaire du paquet ACK, qui est jointe aux paquets ACK suivants.

### 8.4.2 Demande de retransmission

Les paquets ACK sont utilisés pour les demandes de retransmission. Lorsqu'un destinataire détecte un écart dans les numéros de séquence des paquets reçus, il fixe à zéro le bit de la suite binaire du paquet ACK qui correspond au paquet DT perdu. La suite binaire du paquet ACK est incluse dans l'élément accusé de réception, qui est joint au paquet ACK suivant et transmis au parent par les mécanismes de création de paquets ACK.

Pour un groupe local, un parent et ses enfants mettent à jour les variables suivantes afin de déterminer l'état des paquets DT:

- a) *numéro de séquence le plus bas* (LSN, *lowest sequence number*): si un nœud est un enfant, c'est le numéro de séquence du paquet DT au numéro le plus bas dont l'enfant n'a pas accusé réception. Si le nœud est un parent, c'est le numéro de séquence du paquet DT au numéro le plus bas dont aucun des enfants n'a accusé réception;
- b) *numéro de séquence le plus élevé* (HSN, *highest sequence number*): si le nœud est un enfant, c'est le numéro de séquence du paquet DT au numéro le plus élevé qui a été reçu. Si le nœud est un parent, c'est le numéro de séquence du paquet DT au numéro le plus élevé qui a été reçu par l'un quelconque de ses enfants.

Pour demander la retransmission des données perdues, chaque enfant crée un élément accusé de réception contenant le numéro *LSN*, la *longueur de suite binaire valide* et la *suite binaire du paquet ACK*. La *longueur de suite binaire valide* reçoit une valeur égale à  $HSN - LSN + 1$ . Par exemple, si  $LSN = 15$  et  $HSN = 22$ , *longueur de suite binaire valide* = 8. La valeur de la *suite binaire du paquet ACK* définit si la transmission d'un paquet a réussi ou a échoué: "1" en cas de succès et "0" en cas d'échec. Une suite binaire peut représenter une valeur égale à *longueur de la suite binaire* \* 32 paquets au maximum. Supposons que la *suite binaire* ait une valeur égale à 01101111. Les paquets DT ayant les numéros de séquence 15 et 18 sont perdus.

Notons qu'un propriétaire local intermédiaire se trouvant sur l'arborescence a deux séries de paramètres *LSN* et *HSN*, l'une en tant qu'enfant et l'autre en tant que parent. Les valeurs de paramètres pour un enfant sont mises à jour par l'état des données reçues du propriétaire principal, tandis que les valeurs de paramètres pour un parent seront régénérées par l'élément accusé de réception provenant des enfants.

Lorsqu'un parent envoie un paquet HB à ses enfants, il affecte au champ numéro de séquence le numéro *LSN*. Les paquets de données dont le numéro de séquence est inférieur au numéro *LSN* ne peuvent pas être récupérés.

#### 8.4.3 Création de paquets ACK

Chaque enfant crée un paquet ACK en fonction de la *fréquence de création de paquets ACK* (*AGN, ACK generation number*) ou du *délai de création de paquets ACK* (*AGT, ACK generation time*).

Chaque enfant envoie un paquet ACK à son parent chaque fois qu'un nombre de paquets égal à la valeur d'*AGN* est envoyé. Pour ce faire, il reçoit un *ID d'enfant* de son parent dans la configuration de l'arborescence, qui est contenu dans l'élément composition de l'arborescence. Chaque enfant envoie un paquet ACK à son parent, si le numéro de séquence d'un paquet DT modulo *AGN* est égal à *ID d'enfant* modulo *AGN*, c'est-à-dire si:

$$\text{numéro de séquence de paquet \% AGN} = \text{ID d'enfant \% AGN}.$$

Supposons que  $AGN = 8$  et  $ID d'enfant = 2$ . L'enfant crée un paquet ACK pour les paquets DT dont les numéros de séquence sont 2, 10, 18, 26, etc. Cette règle de création de paquets ACK est appliquée lorsque le paquet DT correspondant est reçu ou détecté comme étant perdu par l'enfant.

Lorsque le trafic de données est faible, un destinataire ne peut pas envoyer un paquet ACK pendant longtemps. Cela pourrait imposer un temps d'attente prolongé pour assurer la stabilité des paquets au niveau du parent et pourrait aussi donner l'impression d'une défaillance du destinataire. Le délai *AGT* permet de faire en sorte que les destinataires répondent en temps voulu. Un destinataire envoie au moins un paquet ACK dans l'intervalle *AGT*. Le temporisateur *AGT* est initialisé lorsqu'un enfant reçoit le premier paquet DT, et il est réinitialisé chaque fois qu'un nouveau paquet ACK est envoyé.

En résumé, lorsque le trafic de données est important, les paquets ACK seront créés selon le critère de la fréquence *AGN*. Par contre, si le trafic est faible, les paquets ACK sont déclenchés lorsque le temporisateur *AGT* vient à expiration.

#### 8.4.4 Regroupement de paquets ACK

Chaque parent utilise des paquets ACK pour rassembler des informations d'état pour la protection contre les erreurs, le contrôle de flux et la gestion des encombrements.

Chaque fois qu'un parent reçoit un paquet ACK de l'un de ses enfants, il enregistre et met à jour les informations d'état concernant le ou les paquets effectivement reçus par ses enfants. Un paquet DT est défini comme stable si tous les enfants l'ont reçu. Les paquets DT stables sont émis à partir de la mémoire tampon du parent. Lorsqu'un parent reçoit un paquet ACK de l'un de ses enfants et si une ou plusieurs pertes de paquets sont signalées, il transmet les paquets RD correspondants à tous ses enfants à son adresse de gestion multidiffusion (voir le § 8.4.6).

Un paquet ACK contient des informations sur le contrôle de flux et la gestion des encombrements. Le parent doit regrouper les variables de gestion correspondantes pour tous ses enfants, et il envoie les informations regroupées à son parent au moyen du paquet ACK suivant. Pour tout nœud de gestion (propriétaire principal ou propriétaire local), les informations regroupées représentent l'état de réception de tous les descendants, y compris ses propres enfants. Le contrôle de flux et la gestion des encombrements seront définis de manière plus détaillée dans la spécification relative à la gestion de la qualité de service (Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2).

#### 8.4.5 Mesure du temps RTT local

Le temps de transmission aller retour (RTT, *round trip time*) pour un groupe local (temps RTT local) est mesuré en comparant un paquet HB aux paquets ACK correspondants. Un propriétaire local parent envoie un paquet HB contenant un élément horodateur à ses enfants après chaque délai de création de paquets HB (HGT, *HB generation time*). Chaque enfant met à jour l'horodateur figurant dans le paquet HB, avant d'envoyer un paquet ACK à son parent, comme suit:

- 1) l'enfant enregistre l'heure,  $T_{réception}$ , à laquelle le paquet HB est reçu;
- 2) l'enfant enregistre l'heure,  $T_{envoi}$ , à laquelle il envoie le paquet ACK correspondant à son parent;
- 3) le paquet ACK transmet la valeur d'horodateur suivante:

$$\text{Horodateur} = \text{Horodateur} + T_{envoi} - T_{réception}$$

À réception d'un paquet ACK d'un enfant, le parent calcule le temps RTT par rapport à l'enfant en soustrayant la valeur de l'horodateur de l'heure qu'il est à ce moment-là. Le temps RTT est enregistré dans la liste des enfants. Le parent détermine le temps RTT local au moyen de la valeur RTT minimale pour ses enfants.

Le calcul du temps RTT local est facultatif. Le temps RTT local peut servir à déterminer le *délai d'attente de retransmission* (RBT, *retransmission back-off time*) pour le groupe local. Lorsqu'un parent a retransmis un paquet de données, il ignorera toute demande ultérieure de retransmission concernant le même paquet pendant la période RBT (voir le § 8.4.6). Le délai RBT peut être défini à une valeur égale à deux ou trois fois le temps RTT local. Il est recommandé d'utiliser une valeur RBT assez élevée pour réduire les doubles retransmissions inutiles. Un usage additionnel du temps RTT local dans le protocole ECTP peut être défini à l'avenir.

#### 8.4.6 Retransmission

En réponse à un paquet ACK, chaque parent retransmet des paquets RD pour les données qui sont demandées par des enfants, s'il détient les paquets de données demandés. Les paquets RD sont retransmis à l'adresse de gestion multidiffusion.

Après qu'un parent a envoyé un paquet RD pour les données demandées, il active le *temporisateur d'attente de retransmission* (RBT, *retransmission back-off timer*). Pendant ce délai, les demandes de retransmission concernant le même paquet de données ne seront pas prises en compte.

Le nombre maximal de retransmissions d'un paquet DT perdu doit être lié au *nombre maximal de retransmissions* (MRN, *maximum retransmission number*). Le parent ne prend en compte aucune autre demande de retransmission au-delà du nombre MRN et supprime les données correspondantes de sa mémoire tampon.

### 8.5 Pause et reprise de connexion

Cette fonction permet de suspendre temporairement la transmission de données en multidiffusion. Si une pause de connexion est indiquée, le propriétaire principal (TO) transmet des paquets ND périodiques avec le bit *F* de l'en-tête fixe mis à "1" (voir le § 9.1). Pendant la pause de connexion, le propriétaire principal ne doit transmettre aucun nouveau paquet DT, alors que les paquets de gestion, notamment les paquets RD et HB, peuvent être envoyés. La reprise de connexion est activée si l'expéditeur se rend compte que la connexion ne se trouve plus dans un état anormal. Si la reprise de connexion est indiquée, l'expéditeur transmet des paquets ND périodiques avec le bit *F* de l'en-tête fixe mis à "0". Les règles particulières visant le déclenchement de la pause et de la reprise de connexion seront indiquées dans la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2.

### 8.6 Participation tardive

Pour se joindre à une connexion existante, le participant tardif procède comme suit:

- 1) le participant tardif envoie un paquet JR au propriétaire principal en mode unidiffusion. Il active ensuite le *temporisateur de retransmission* (RXT);



- 2) à réception d'un paquet JR, le propriétaire principal répond au participant tardif au moyen d'un paquet JC. Le paquet JC DOIT indiquer au bit indicateur *F* de l'en-tête fixe si la demande de participation est acceptée ou non: 0 (acceptation) ou 1 (rejet);
- 3) si le participant tardif reçoit un paquet JC avec un indicateur d'acceptation dans le paramètre *RXT*, il commence à se joindre à l'arborescence de gestion dans le processus de configuration. Si le temporisateur *RXT* vient à expiration sans qu'un paquet TC n'ait été reçu, le participant tardif envoie de nouveau le paquet JR au propriétaire principal. Le nombre de retransmissions du paquet JR est lié au *nombre maximal de retransmissions (MRN)*.

Dans le processus de configuration, le participant tardif se joint à l'arborescence en envoyant un paquet TJ à un propriétaire local de l'arborescence et en recevant un paquet TC du parent se trouvant sur l'arborescence (voir le § 8.8.1 pour plus de détails).

La Figure 9 décrit les procédures relatives à la participation tardive.

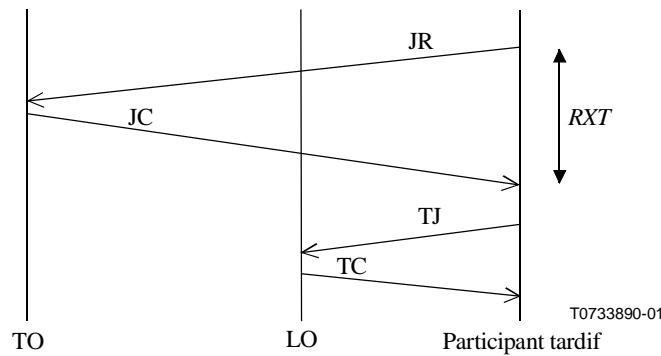


Figure 9 – Procédures du protocole relatives à la participation tardive

## 8.7 Sortie

Cette fonction est utilisée lorsqu'un destinataire quitte une connexion existante ou lorsqu'un parent éjecte un enfant perturbateur.

### 8.7.1 Sortie invoquée par l'utilisateur

Conformément à la demande de sortie présentée par l'application, le destinataire sortant envoie un paquet LR à son parent en mode unidiffusion. Le parent met ensuite à jour sa liste d'enfants.

Si le destinataire sortant est un propriétaire local, le comportement du protocole peut devenir instable, car chacun de ses enfants doit trouver un nouveau parent. Dans ce cas, la fiabilité peut ne pas être garantie. Pour un fonctionnement stable du protocole, il n'est pas recommandé que les propriétaires locaux quittent la connexion.

### 8.7.2 Ejection des éléments perturbateurs

Le propriétaire principal ou un propriétaire local peut éjecter un enfant perturbateur. Lorsqu'un élément perturbateur est détecté, le parent lui envoie un paquet LR. Il le supprime ensuite de sa liste d'enfants. Comme exemple d'élément perturbateur, citons un enfant défaillant situé dans la hiérarchie arborescente (voir le § 8.8.3). Lorsqu'un enfant reçoit un paquet LR de son parent, il DOIT quitter la connexion. Cas particulier, l'éjection d'un propriétaire local n'est pas souhaitable car il peut avoir un ou plusieurs enfants. Pour un fonctionnement stable du protocole, il n'est pas recommandé d'éjecter un propriétaire local.

Les règles particulières permettant de définir un élément perturbateur seront examinées dans la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2.

## 8.8 Mise à jour de la composition de l'arborescence

Après l'établissement d'une arborescence de gestion initiale lors de la création de la connexion, la composition de l'arborescence est mise à jour jusqu'à la fin de la connexion. Cette mise à jour concerne les points suivants:

- configuration de l'arborescence pour les participants tardifs;
- reconfiguration de l'arborescence pour les destinataires sortants;
- reconfiguration de l'arborescence pour remédier aux défaillances des nœuds.

### 8.8.1 Configuration de l'arborescence pour les participants tardifs

Une fois la connexion créée, chaque propriétaire local de l'arborescence annonce des paquets HB périodiques à son adresse de gestion multidiffusion. Lorsque le participant tardif reçoit un paquet JC du propriétaire principal (voir le § 8.6), il commence à localiser un parent adéquat.

Le participant tardif reçoit des paquets HB d'un ou de plusieurs propriétaires locaux et les informations concernant les parents potentiels sont enregistrées dans la liste des parents. Là encore, si les adresses de gestion multidiffusion sont différentes de l'adresse de données multidiffusion, chaque participant tardif doit s'être joint à une ou plusieurs adresses de gestion multidiffusion du propriétaire principal ou des propriétaires locaux, ainsi qu'à l'adresse de multidiffusion de données, pendant la phase d'enrôlement.

Le participant tardif choisit dans sa liste de parents le parent potentiel qui convient le mieux. La règle de sélection dépend de l'implémentation. Le participant tardif envoie un paquet TJ au parent potentiel choisi et active le temporisateur *RXT*.

Le parent se trouvant sur l'arborescence répond au participant tardif au moyen d'un paquet TC, qui contient le bit indicateur signalant une acceptation ou un rejet. La décision est prise en fonction du nombre *MCN*.

Si le participant tardif reçoit le paquet TC avec un indicateur d'acceptation dans le paramètre *RXT*, il figure maintenant sur l'arborescence. En cas de rejet, le participant tardif essaie de se joindre à un autre parent potentiel choisi dans la liste des parents. Si le paquet TC n'arrive pas dans le délai *RXT*, le participant tardif retransmet un paquet TJ.

### 8.8.2 Reconfiguration de l'arborescence pour les destinataires sortants

Ainsi qu'il est décrit au § 8.7, lorsqu'un enfant quitte la connexion, le parent le supprime de sa liste d'enfants.

### 8.8.3 Reconfiguration de l'arborescence pour remédier aux défaillances des nœuds

Le seuil de défaillance de nœud (*NFT*, *node failure threshold*) permet de détecter un nœud défaillant. Les procédures de mise à jour de l'arborescence sont différentes selon les types de nœuds: propriétaire principal, propriétaire local et entité feuille.

Le propriétaire principal est l'unique expéditeur de la connexion multidiffusion simplex. Chaque destinataire détecte une défaillance du propriétaire principal au moyen de l'intervalle *NDT*. Si un destinataire ne peut recevoir aucun paquet du propriétaire principal pendant l'intervalle  $NFT \times NDT$ , il détermine que le propriétaire principal est défaillant. Le destinataire quitte alors la connexion.

Chaque propriétaire local parent annonce des paquets HB périodiques lorsqu'il devient un nœud de l'arborescence. Un enfant détecte la défaillance de son parent, s'il ne peut recevoir de ce dernier aucun paquet de type HB et RD pendant l'intervalle  $NFT \times HGT$  (*délai de création de paquets HB*). L'enfant commence alors à chercher un autre parent.

Un parent détecte la défaillance d'un enfant, s'il ne peut recevoir aucun paquet ACK de l'enfant pendant l'intervalle  $NFT \times AGT$  (*délai de création de paquets ACK*) ou pour un nombre de paquets de données égal à  $NFT \times AGN$ . Si un enfant est détecté comme étant défaillant, le parent lui envoie un paquet LR et l'efface de sa liste d'enfants.

## 8.9 Fin de la connexion

Le propriétaire principal (TO) met fin à une connexion de transport multidiffusion en envoyant un paquet CT à tous les destinataires en mode multidiffusion. Lorsque la fin de la connexion est indiquée, le propriétaire principal doit ignorer tous les paquets reçus ultérieurement et gèle aussi le numéro de port local. A réception d'un paquet CT, chaque destinataire gèle le numéro de port local.

Cette fonction sera lancée une fois toutes les données multidiffusées transmises. Le propriétaire principal met aussi fin à la connexion lorsqu'il détecte une erreur fatale de protocole. Par exemple, il met fin à la connexion si aucun paquet n'est reçu pendant l'intervalle *IAT*.

## 9 Format de paquet

Un paquet ECTP DOIT contenir un en-tête fixe et des éléments d'extension ou une partie données. L'en-tête fixe comprend 16 octets. Les éléments d'extension sont disposés selon l'ordre prescrit (voir le § 9.2).

Le format de paquet est représenté dans la Figure 10:

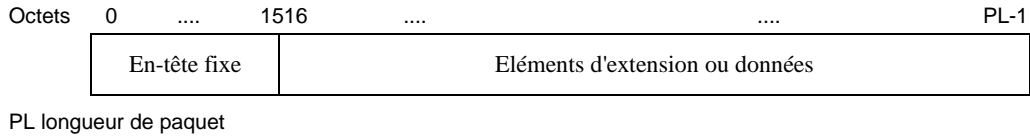


Figure 10 – Format de paquet

### 9.1 En-tête fixe

L'en-tête fixe de 16 octets contient des champs de paramètres utilisés dans toutes les opérations du protocole. Si la valeur d'un champ quelconque n'est pas valide, il s'agit d'une erreur de protocole.

La Figure 11 indique la structure de l'en-tête fixe, lorsque le protocole ECTP fonctionne en mode IP:

|                            |         |   |                |         |                   |
|----------------------------|---------|---|----------------|---------|-------------------|
|                            | 0       | 8 | 16             | 24      | 31                |
| Élément suivant            | Version |   | Type de paquet |         | Total de contrôle |
| Port de destination        |         |   | Port source    |         |                   |
| Numéro de séquence         |         |   |                |         |                   |
| Longueur de capacité utile |         |   | F              | Réservé |                   |

Figure 11 – Format de l'en-tête fixe

Un en-tête fixe contient les informations suivantes:

- a) *élément suivant* – Indique le type de l'élément suivant immédiatement l'en-tête fixe. Le champ élément suivant du dernier élément d'extension DOIT être mis à "0000", autrement dit "aucun autre élément" (voir le § 9.2).
- b) *Version* – Définit la version du protocole ECTP. Elle commence à "1".
- c) *Type de paquet* – Indique le type de paquet utilisé (voir le § 9.3).
- d) *Total de contrôle* – Sert à vérifier la validité des segments d'un paquet (voir le § 8.3.1).
- e) *Ports de destination et source* – Servent à identifier les applications d'envoi et de réception. Ces deux valeurs sont utilisées comme adresses de transport, conjointement avec les adresses IP source et de destination dans l'en-tête IP. La longueur du numéro de port est de 16 bits.
- f) *Numéro de séquence* – Est le numéro de séquence d'un paquet de données dans une série de segments. Ce numéro de séquence est un nombre de 32 bits non signé qui reboucle sur "1" après avoir atteint la valeur "2<sup>32</sup> – 1" (voir le § 8.3.2).
- g) *Longueur de capacité utile* – Indique en octets la longueur des éléments ou de la partie données qui suivent l'en-tête fixe. Pour les paquets de gestion, elle représente la longueur des éléments d'extension. Pour les paquets de données, elle indique la longueur de la partie données.

- h) *F* – Est un bit indicateur. Sa fonction varie selon le type de paquet:
- 1) pour le paquet DT, *F* = 1 indique la "fin du flux";
  - 2) pour les paquets JC (confirmation de participation) et TC (confirmation de participation à l'arborescence), *F* = 1 indique que la demande de participation correspondante est acceptée. *F* est mis à "0" en cas de rejet;
  - 3) pour le paquet ND, *F* = 1 indique une pause de connexion. Dans les autres cas, il est mis à "0";
  - 4) pour le paquet LR, *F* est mis à "1" en cas de sortie demandée par l'utilisateur (voir le § 8.7.1) ou à "0" en cas d'éjection de l'élément perturbateur (voir le § 8.7.2);
  - 5) pour le paquet CT, *F* est mis à "1" en cas de fin anormale ou à "0" en cas de fin normale après transmission de toutes les données (voir le § 8.9);
  - 6) pour les autres paquets, ce champ n'est pas pris en compte.
- i) *Réservé* – Ce champ est réservé pour une future utilisation.

Lorsque le protocole ECTP fonctionne en mode UDP, il n'est pas nécessaire que l'en-tête de paquet indique les ports source et de destination qui seront indiqués dans l'en-tête UDP. Dans ce cas, le champ de 32 bits correspondant aux ports source et de destination sera rempli au moyen de l'"ID de connexion" servant à identifier une connexion ECTP en mode UDP au niveau d'un hôte. Que le protocole ECTP fonctionne en mode IP ou UDP, l'en-tête fixe fournit les informations généralement utilisées dans les opérations du protocole ECTP.

## 9.2 Eléments d'extension

La partie en-tête contient l'en-tête fixe et un ou plusieurs éléments d'extension. Dans tous les éléments de l'en-tête, le champ élément suivant pointe sur les éléments suivants. Vu qu'un élément d'extension possède aussi un champ élément suivant, la partie en-tête peut enchaîner plusieurs éléments d'extension.

Suivant le type d'élément d'extension, le champ élément suivant est codé comme indiqué au Tableau 2. Le champ élément suivant du dernier élément d'extension DOIT avoir la valeur "0000".

**Tableau 2 – Tableau de codage des éléments d'extension**

| Élément                       | Codage |
|-------------------------------|--------|
| Informations de connexion     | 0001   |
| Accusé de réception           | 0010   |
| Composition de l'arborescence | 0011   |
| Horodateur                    | 0100   |
| Aucun élément                 | 0000   |

Chaque élément possède sa propre valeur de version qui commence à "1". S'il est nécessaire à l'avenir de définir un usage additionnel ou différent d'un élément, le numéro de version correspondant de l'élément doit être incrémenté de "1". Par contre, la version de l'en-tête fixe représente la version en cours du protocole ECTP. La version du protocole ECTP décrit dans la présente Spécification est "1".

9.2.1 Informations de connexion

Cet élément d'extension contient des informations sur la connexion de transport multidiffusion. La structure de l'élément est indiquée dans la Figure 12, sa longueur en octets étant de "8":

|                                   |         |             |                                |                            |
|-----------------------------------|---------|-------------|--------------------------------|----------------------------|
| 0                                 | 8       | 16          | 24                             | 31                         |
| Élément suivant                   | Version | Indicateurs | Option de config. d'arb.       | Nbre max. de niveaux d'arb |
| Délai de création de la connexion |         |             | Taille de la suite binaire ACK | Réservé                    |

Figure 12 – Élément d'informations de connexion

Les paramètres suivants sont définis:

- a) *élément suivant* – Indique le type de l'élément suivant immédiatement cet élément.
- b) *Version* – Définit la version de l'utilisation de cet élément. La version en cours est mise à "1".
- c) *Indicateurs* – Comprend les champs suivants:

|         |   |   |   |   |   |    |   |
|---------|---|---|---|---|---|----|---|
| 7       | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1  | 0 |
| Réservé |   |   |   |   |   | CT |   |

- 1) *Type de connexion (CT, connection type)* – Définit quel type de connexion est en cours d'établissement comme indiqué ci-après:
  - 01 – connexion multidiffusion simplex;
  - les autres valeurs sont réservées pour de futures extensions.
- 2) *Réservé* – champ pas encore défini et réservé pour une future utilisation.
- d) *Option de configuration d'arborescence (4 bits)* – Définit l'option de configuration d'arborescence utilisée dans la connexion. La présente version de cette Spécification offre les options suivantes (voir le § 8.2.2):
  - 1) 0001 – configuration de niveau 1;
  - 2) 0010 – configuration de niveau 2;
  - 3) 0011 – configuration générale avec plus de deux niveaux.
- e) *Nombre maximal de niveaux d'arborescence (MTL, maximum tree level)* – Définit le nombre maximal de niveaux de l'arborescence de gestion. Des valeurs comprises entre "1" et "15" sont utilisées. La valeur "0" indique que le nombre maximal de niveaux de l'arborescence de gestion n'est pas limitée.
- f) *Nombre maximal d'enfants (MCN, maximum children number)* – Définit le nombre maximal de nœuds enfants qu'un parent peut maintenir sur l'arborescence de gestion (voir le § 10.2).
- g) *Délai de création de la connexion (CCT, connection creation time)* – Définit, en unités de 10 millisecondes, un temporisateur pour limiter le délai de création de la connexion. Si ce temporisateur vient à expiration, le propriétaire principal (TO) achève la création de la connexion même si certains de ses enfants n'ont pas répondu au moyen de paquets CC. Ce temporisateur permet aussi à un propriétaire local (LO) de calculer son *délai de création de la connexion* (voir le § 8.2.2).
- h) *Taille de la suite binaire du paquet ACK* – Définit, en unités de mot, la taille de la suite binaire de l'élément accusé de réception. Cette valeur ne peut pas être négociée et tous les nœuds destinataires DOIVENT configurer le champ suite binaire de l'élément accusé de réception en fonction de la *taille de la suite binaire du paquet ACK* annoncée. La valeur par défaut "1" signifie que chaque destinataire peut contenir des informations concernant l'état de réception de 32 paquets.
- i) *Réservé* – Champ pas encore défini et réservé pour une future utilisation.

### 9.2.2 Composition de l'arborescence

L'élément composition de l'arborescence de 20 octets contient des informations concernant le groupe local, comme indiqué dans la Figure 13.

|   |         |                                |                                   |                                |
|---|---------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 0                                       | 8       | 16                             | 24                                | 31                             |
| Elément suivant                         | Version | ID d'enfant                    |                                   | Nombre de destinataires actifs |
| Nombre d'enfants actifs                 |         | Niveau d'arborescence existant | Indicateurs                       | Temps RTT local                |
| Port de l'expéditeur                    |         |                                | Port de multidiffusion de données |                                |
| Adresse IP de l'expéditeur              |         |                                |                                   |                                |
| Adresse IP de multidiffusion de données |         |                                |                                   |                                |

**Figure 13 – Élément composition de l'arborescence**

Les champs suivants sont définis:

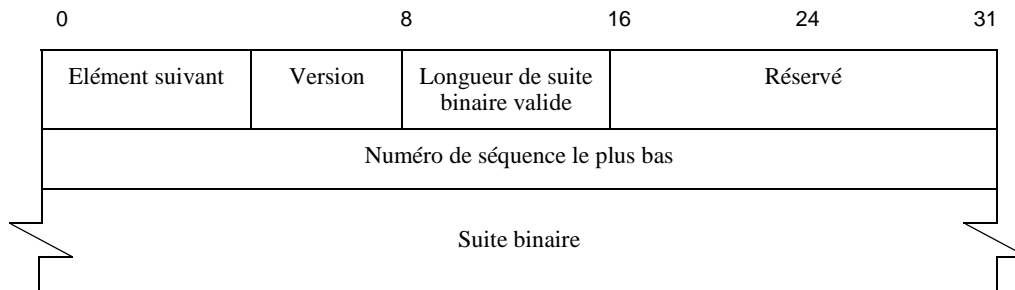
- a) *élément suivant* – Indique le type de l'élément suivant immédiatement cet élément.
- b) *Version* – Définit la version de l'utilisation de cet élément. La version en cours est mise à "1".
- c) *ID d'enfant* – Définit le numéro d'ID d'un enfant, qui est attribué par son parent dans le processus de configuration.
- d) *Nombre de destinataires actifs (ARN, active receiver number)* – Est le nombre de descendants actifs. Chaque entité feuille (LE) définit le nombre ARN à "1", et le propriétaire local (LO) parent regroupe les valeurs ARN pour ses enfants.
- e) *Nombre d'enfants actifs (CCN, current children number)* – Est le nombre d'enfants actifs d'un propriétaire local. Chaque entité feuille définit la valeur CCN à "0".
- f) *Niveau d'arborescence existant (CTL, current tree level)* – Définit le niveau d'arborescence existant. Le propriétaire principal (TO) est au niveau 0 et ses enfants au niveau 1. La valeur CTL est incrémentée de "1" à mesure que l'arborescence s'étend.
- g) *Indicateurs* – Comprend les champs suivants:

|         |   |   |   |
|---------|---|---|---|
| 3       | 2 | 1 | 0 |
| Réservé |   |   | L |

- 1) *L* – est un bit indicateur signalant que le destinataire est un propriétaire local (1) ou une entité feuille (0). Le propriétaire principal est un propriétaire local.
- 2) *Réservé* – Champ pas encore défini et réservé pour une future utilisation.
- h) *Temps RTT local* – Représente, en unités de 10 millisecondes, le temps de transmission aller-retour pour un groupe local (voir le § 8.4.5).
- i) *Port de l'expéditeur* – Représente le numéro de port de l'expéditeur ECTP (propriétaire principal).
- j) *Port de multidiffusion de données* – Représente le numéro de port de la voie de transmission des données multidiffusées.
- k) *Adresse IP de l'expéditeur* – Représente l'adresse IPv4 du protocole ECTP expéditeur (le propriétaire principal).
- l) *Adresse de multidiffusion de données* – Représente l'adresse IPv4 de la voie de transmission des données multidiffusées.

**9.2.3 Accusé réception**

Cet élément fournit les informations relatives à la protection contre les erreurs, au contrôle de flux et à la gestion des encombrements. La structure de l'élément est décrite dans la Figure 14; elle comprend les 8 octets fixes et la *suite binaire* de taille variable qui dépend de la *taille de la suite binaire du paquet ACK* (voir le § 9.2.1).



**Figure 14 – Élément accusé réception**

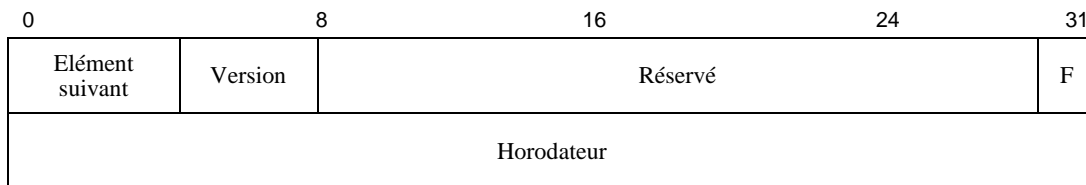
Les paramètres suivants sont définis:

- a) *élément suivant* – Indique le type de l'élément suivant immédiatement cet élément.
- b) *Version* – Définit la version de l'utilisation de cet élément. La version en cours est mise à "1".
- c) *Longueur de suite binaire valide* – Représente la longueur valide de la suite binaire.
- d) *Réservé* – Réserve pour une future utilisation.
- e) *Numéro de séquence le plus bas (LSN)* – Numéro de séquence du paquet de données ayant le numéro le plus bas pas encore reçu.
- f) *Suite binaire* – Représente les paquets de données perdus. Il contient les bits du paramètre *longueur de suite binaire valide*, à partir du numéro de séquence le plus bas (*LSN*). Les bits non valides de la suite binaire sont mis à "0".

**9.2.4 Horodateur**

Le protocole d'horodatage de réseau (NTP, *network timestamp protocol*) permet de définir des horodateurs (voir le document IETF RFC 1119). Les horodateurs NTP sont représentés comme un nombre à virgule fixe non signé de 64 bits. La partie entière se trouve dans les 32 premiers bits et la partie fractionnaire dans les 32 derniers bits. Si le système NTP n'est pas utilisé, le protocole ECTP se sert de l'algorithme de calcul d'heure TCP. Dans ce cas, seuls les 32 premiers bits de la partie entière seront valides. Un bit indicateur signale quel mécanisme d'horodatage est utilisé. Il est mis à "0" s'il s'agit du mécanisme TCP et à "1" s'il s'agit du mécanisme NTP.

La structure de l'élément horodateur est décrit dans la Figure 15.



**Figure 15 – Élément horodateur**

Les champs suivants sont définis:

- a) *Élément suivant* – Indique le type de l'élément suivant immédiatement cet élément.
- b) *Version* – Définit la version de l'utilisation de cet élément. La version en cours est mise à "1".
- c) *F* – Est mis à "0" en cas d'utilisation du mécanisme d'horodatage TCP et à "1" en cas d'utilisation du mécanisme d'horodatage NTP.

- d) *Réservé* – Champ pas encore défini et réservé pour une future utilisation,
- e) *Horodateur* (8 octets) – Contient la valeur de l'horodateur.

### 9.3 Structure de paquet

La valeur de codage et les éléments d'extension pour chaque paquet sont indiqués au Tableau 3. Ces éléments d'extension sont joints à l'en-tête fixe dans l'ordre éventuel suivant: informations de connexion, composition de l'arborescence, accusé de réception et éléments horodateur.

Tableau 3 – Codage et éléments d'extension des paquets ECTP

| Type de paquet | Codage    | Elément d'extension       |                               |                     |            | Données |
|----------------|-----------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|------------|---------|
|                |           | Informations de connexion | Composition de l'arborescence | Accusé de réception | Horodateur |         |
| CR             | 0000 0001 | O                         |                               |                     |            |         |
| CC             | 0000 0010 |                           | O                             |                     |            |         |
| TJ             | 0000 0011 |                           |                               |                     |            |         |
| TC             | 0000 0100 |                           | O*                            |                     |            |         |
| DT             | 0000 0101 |                           |                               |                     |            | O       |
| ND             | 0000 0110 |                           |                               |                     |            |         |
| RD             | 0000 0111 |                           |                               |                     |            | O       |
| ACK            | 0000 1000 |                           | O                             | O                   | O          |         |
| HB             | 0000 1001 |                           | O                             |                     | O          |         |
| JR             | 0000 1010 |                           |                               |                     |            |         |
| JC             | 0000 1011 | O*                        |                               |                     |            |         |
| LR             | 0000 1100 |                           |                               |                     |            |         |
| CT             | 0000 1101 |                           |                               |                     |            |         |

NOTE – Dans le tableau, O\* signifie que l'élément n'est joint que si la demande correspondante est acceptée.

Il convient de noter que ce tableau ne donne la structure de paquet qu'à titre indicatif. Le mappage des éléments d'extension en fonction du type de paquet est susceptible de modification dans le futur selon l'évolution de la version du protocole.

#### 9.3.1 Demande de création (CR, *creation request*)

Le propriétaire principal (TO) crée une connexion ECTP en envoyant un paquet CR à tous les destinataires à l'adresse de multidiffusion de données. Le format du paquet CR est le suivant:

CR = en-tête fixe + élément informations de connexion.

Dans l'en-tête fixe, l'élément suivant est codé "0001" pour désigner l'élément informations de connexion. Le type de paquet est mis à "0000 0001". Le port de destination représente le numéro de port de groupe pour la transmission de données en multidiffusion à tous les destinataires. Là encore, pendant la phase d'enrôlement, ce numéro de port DOIT être annoncé à tous les destinataires (voir le § 7.3.2). Le port source est un numéro de port local du propriétaire principal utilisé pour la connexion qui servira de numéro de port de destination pour la transmission unidiffusion effectuée par les enfants du propriétaire principal ou les participants tardifs. Le numéro de séquence est mis à la valeur *ISN* qui est attribuée par le propriétaire principal (voir le § 8.3.2). Ainsi, chaque destinataire peut connaître le numéro de séquence du premier paquet DT qui sera transmis. La longueur de capacité utile est mise à 8 (octets) pour l'élément informations de connexion. Le bit *F* n'est pas pris en compte.



Dans l'élément informations de connexion, le propriétaire principal doit définir tous les champs au moyen des données fournies par l'utilisateur de l'application ou des valeurs par défaut.

### 9.3.2 Confirmation de création (CC, *creation confirm*)

En réponse au paquet CR, chaque destinataire envoie un paquet CC à son parent en mode unidiffusion. Le format du paquet CC est le suivant:

CC = en-tête fixe + éléments composition de l'arborescence.

Dans l'en-tête fixe, l'élément suivant est codé "0011" pour désigner l'élément composition de l'arborescence. Le type de paquet est mis à "0000 0010". Dans l'en-tête fixe, le port de destination est le numéro de port local du parent, qui est le numéro de port source contenu dans le paquet CR (pour le propriétaire principal parent) ou HB (pour le propriétaire local parent) correspondant. Le port source du paquet CC est un numéro de port local du destinataire.

Dans l'élément composition de l'arborescence, tous les champs autres que le champ temps RTT local sont remplis au moyen des informations obtenues lors de la configuration de l'arborescence. La valeur spécifique dépend du type de nœud: propriétaire local ou entité feuille.

### 9.3.3 Demande de participation à l'arborescence (TJ, *tree join request*)

Un destinataire se joint à une arborescence de gestion en envoyant un paquet TJ à un propriétaire local (LO) de l'arborescence pendant la phase de configuration de l'arborescence. Le format du paquet TJ est le suivant:

TJ = en-tête fixe.

Le port de destination est le numéro de port local du propriétaire local de l'arborescence, qui est contenu dans le paquet HB correspondant. Le port source est un numéro de port local du destinataire.

### 9.3.4 Confirmation de participation à l'arborescence (TC, *tree join confirm*)

Le propriétaire principal (TO) ou un propriétaire local (LO) de l'arborescence répond au paquet TJ au moyen d'un paquet TC. Le format du paquet TC est le suivant:

TC = en-tête fixe + élément composition de l'arborescence;

TC = en-tête fixe.

Dans l'en-tête fixe, le port de destination est le numéro de port du destinataire qui a envoyé le paquet TJ, et le port source est le numéro de port local du parent situé sur l'arborescence. Le bit indicateur *F* est mis à "0" en cas d'acceptation ou à "1" en cas de rejet.

Si la demande de participation à l'arborescence est acceptée, le paquet TC contient un élément composition de l'arborescence. Les champs *ID d'enfant* et *CTL* DOIVENT être définis.

### 9.3.5 Données (DT, *data*)

Le propriétaire principal (TO) transmet un flux multidiffusion au moyen de paquets DT. Le format du paquet DT est le suivant:

DT = en-tête fixe + partie données.

Le port de destination est le numéro de port du groupe multidiffusé. Le port source est le numéro de port local du propriétaire principal. Chaque nouveau paquet DT est numéroté de manière séquentielle dans le champ numéro de séquence. La longueur de capacité utile est remplie au moyen de la longueur de la partie données (en octets). Pour le dernier paquet de données du flux multidiffusion, le bit *F* de l'en-tête fixe est mis à "1".

### 9.3.6 Données nulles (ND, *null data*)

Lorsque le propriétaire principal n'a pas de données à transmettre ou lorsqu'il se trouve en période de pause de connexion, il transmet un paquet ND à chaque intervalle correspondant au *délai relatif aux données nulles (NDT)*. Le format du paquet ND est le suivant:

ND = en-tête fixe.

Le port de destination est le numéro de port du groupe multidiffusé. Le port source est le numéro de port local du propriétaire principal. Le champ numéro de séquence est rempli au moyen du numéro de séquence du dernier paquet DT transmis. Pendant la pause de la connexion, le bit *F* bit de l'en-tête fixe est mis à "1", sinon il est mis à "0".

### 9.3.7 Données de retransmission (RD, *retransmission data*)

Conformément à la demande de retransmission au moyen d'un paquet ACK, chaque propriétaire local parent transmet des paquets RD à ses enfants à l'adresse de gestion multidiffusion. Le format du paquet RD est le suivant:

RD = en-tête fixe + partie données.

Le port de destination est le numéro de port de l'adresse de gestion multidiffusion (voir le § 8.4.5) et le port source est le numéro de port local du propriétaire local. Les autres champs sont identiques à ceux du paquet DT correspondant.

### 9.3.8 Accusé de réception (ACK, *acknowledgement*)

Chaque enfant envoie un paquet ACK à son parent en mode unidiffusion. Le format du paquet ACK est le suivant:

ACK = en-tête fixe + composition de l'arborescence + accusé de réception + éléments horodateur.

Dans l'en-tête fixe, le port de destination est le numéro de port local du propriétaire local parent et le port source est le numéro de port local de l'enfant.

L'élément composition de l'arborescence DOIT définir les champs *ID d'enfant*, *ARN* et *Indicateurs*.

Tous les champs de l'élément accusé de réception DOIVENT être définis.

L'élément horodateur contient la valeur du temps RTT local (voir le § 8.4.5).

### 9.3.9 Pulsation (HB, *heartbeat*)

Chaque propriétaire local parent envoie un paquet HB à ses enfants à chaque intervalle correspondant au *décalage de création de paquets HB (HGT)*.

Le format du paquet HB est le suivant:

HB = en-tête fixe + composition de l'arborescence + élément horodateur.

Dans l'en-tête fixe, le port de destination est le numéro de port de l'adresse de gestion multidiffusion (voir le § 7.3.3) et le port source est le port local du propriétaire local.

L'élément composition de l'arborescence DOIT définir les champs *CCN*, *CTL* et *temps RTT local*.

La valeur de l'horodateur est l'heure à laquelle le paquet HB est transmis.

### 9.3.10 Demande de participation tardive (JR, *late join request*)

Un participant tardif peut se joindre à la connexion en envoyant un paquet JR au propriétaire principal. Le format du paquet JR est le suivant:

JR = en-tête fixe.

Le port de destination est le numéro de port du propriétaire principal et le port source est le numéro de port local du participant tardif.

### 9.3.11 Confirmation de participation tardive (JC, *late join confirm*)

Le propriétaire principal répond au paquet JR au moyen d'un paquet JC. Le format du paquet JC est le suivant:

JC = en-tête fixe + élément informations de connexion;

JC = en-tête fixe.

Dans l'en-tête fixe, le port de destination est le numéro de port local du participant tardif et le port source est le numéro de port local du propriétaire principal. Le bit indicateur *F* est mis à "0" en cas d'acceptation ou à "1" en cas de rejet.

Si la demande de participation à l'arborescence est acceptée, le paquet JC contient l'élément informations de connexion.

### 9.3.12 Demande de sortie (LR, *leave request*)

Lorsqu'un enfant souhaite quitter la connexion, il envoie un paquet LR à son parent. Le paquet LR permet aussi à un parent d'éjecter un enfant perturbateur. Le format du paquet LR est le suivant:

LR = en-tête fixe.

Le port de destination est le numéro de port local du propriétaire local parent ou d'un enfant perturbateur et le port source est un numéro de port local de l'enfant sortant ou du propriétaire local parent, ce qui dépend de l'entité qui déclenche le paquet LR.

Le bit *F* de l'en-tête fixe est mis à "1" pour une sortie invoquée par l'utilisateur (voir le § 8.7.1) ou à "0" pour l'éjection de l'élément perturbateur (voir le § 8.7.2).

### 9.3.13 Terminaison de connexion (CT, *connection termination*)

Le propriétaire principal met fin à la connexion en envoyant un paquet CT à tous les destinataires. Le format du paquet CT est le suivant:

CT = en-tête fixe.

Le port de destination est le numéro de port de groupe pour l'adresse de données multidiffusion (voir le § 7.4). Le port source est un numéro de port local du propriétaire principal.

Le bit *F* de l'en-tête fixe est mis à "1" en cas de fin anormale ou à "0" en cas de fin normale après transmission de toutes les données (voir le § 8.9).

## 10 Temporisateurs et variables

### 10.1 Temporisateurs

Tous les temporisateurs spécifiés dans le protocole ECTP sont définis en unités de 10 millisecondes. Lors de l'implémentation, chaque temporisateur peut être utilisé en unités de 50 ou 200 millisecondes, selon le nombre de tops par seconde du système.

- a) Délai de création de paquets ACK (*AGT*): chaque enfant envoie un paquet ACK à son parent si le temporisateur *AGT* vient à expiration. Chaque destinataire réactive ce temporisateur chaque fois qu'il crée un paquet ACK. La valeur *AGT* spécifique dépend de l'implémentation.
- b) Délai de création de la connexion (*CCT*): le délai de création de la connexion est limité par le temporisateur *CCT*, qui est défini par le propriétaire principal (voir le § 8.2). Le délai *CCT* est représenté en unités de 10 millisecondes.
- c) Délai de création de paquets HB (*HGT*): chaque parent envoie un paquet HB à ses enfants à chaque intervalle *HGT* (voir le § 8.8). Le délai *HGT* peut être défini par un multiple du délai *AGT*.
- d) Délai d'inactivité (*IAT*): si un nœud n'a reçu aucun paquet pendant l'intervalle *IAT*, il doit conclure à une déconnexion du réseau. Chaque nœud régénère son temporisateur *IAT* chaque fois qu'il reçoit un paquet. La valeur *IAT* dépend de l'implémentation (voir le § 8.2).
- e) Délai relatif aux données nulles (*NDT*): lorsque le propriétaire principal n'a pas de données à transmettre ou se trouve dans la période de pause de la connexion, il envoie un paquet ND à chaque intervalle de temps *NDT*, qui dépend de l'implémentation (voir le § 8.3).
- f) Délai d'attente de retransmission (*RBT*): après qu'un parent ait retransmis un paquet de données perdu demandé par son enfant, il active le temporisateur *RBT* (voir le § 8.4.6). Les demandes de retransmission du même paquet de données ne seront pas prises en compte pendant la durée de validité du temporisateur.
- g) Délai de retransmission (*RXT*): un nœud active le temporisateur *RXT* après avoir transmis un paquet de gestion en mode unidiffusion. Si le paquet de gestion envoyé en réponse n'est pas reçu avant l'expiration du temporisateur *RXT*, il est retransmis. La valeur *RXT* spécifique dépend de l'implémentation (voir les § 8.2.2 et 8.6).
- h) Délai de création de l'arborescence (*TCT*): lors de la création de l'arborescence, chaque propriétaire local active son temporisateur *TCT* pour achever la configuration de l'arborescence pour son groupe local. Le *délai de création de l'arborescence* est calculé au moyen du paramètre *CCT* (voir le § 8.2.2).

### 10.2 Variables de fonctionnement

- a) Fréquence de création de paquets ACK (*AGN*): chaque enfant crée un paquet ACK pour un nombre de paquets de données égal à la valeur d'*AGN* (voir le § 8.4.3). Le nombre *AGN* est mis à une valeur égale à 1/4 de la *taille de la suite binaire du paquet ACK*.
- b) Nombre de destinataires actifs (*ARN*): le nombre *ARN* est défini dans l'élément composition de l'arborescence (voir les § 8.4.4 et 9.2.2).
- c) Nombre d'enfants actifs (*CCN*): le nombre *CCN* est le nombre d'enfants actifs d'un groupe local (voir le § 9.2.2). La valeur est calculée par un parent et annoncée aux enfants au moyen de l'élément composition de l'arborescence. Lors de la configuration de l'arborescence, un enfant étranger à l'arborescence peut se servir de cette valeur pour choisir le propriétaire local parent le plus approprié se trouvant sur l'arborescence.

- d) Niveau d'arborescence existant (*CTL*): le niveau *CTL* représente le niveau d'arborescence auquel se trouve un destinataire dans l'arborescence. Cette valeur est incrémentée chaque fois qu'une nouvelle branche est créée (voir le § 8.2.2). La valeur *CTL* est définie dans l'élément composition de l'arborescence (voir le § 9.2.2).
- e) Nombre maximal d'enfants (*MCN*): le nombre d'enfants d'un parent est limité par la valeur *MCN*. Pour assurer une extension appropriée de l'arborescence, une partie du nombre *MCN* peut être réservée à certains propriétaires locaux enfants (voir le § 8.2.2). La valeur *MCN* est définie dans l'élément informations de connexion.
- f) Nombre maximal de retransmissions (*MRN*): le nombre de retransmissions des paquets de gestion et des paquets RD est limité par la valeur *MRN*. La valeur spécifique dépend de l'implémentation (voir les § 8.4.6 et 8.6).
- g) Nombre maximal de niveaux d'arborescence (*MTL*): le nombre de niveaux de l'arborescence de gestion du protocole ECTP est limitée par la valeur *MTL*, qui est définie dans l'élément informations de connexion (voir les § 8.2.2 et 9.2.1).
- h) Seuil de défaillance de nœud (*NFT*): une défaillance de nœud d'arborescence est indiquée par la valeur *NFT* (voir le § 8.8.3). La valeur spécifique dépend de l'implémentation.

## Annexe A

### Considérations relatives aux réseaux

(Cette annexe ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

Le protocole ECTP est un protocole de couche de transport fonctionnant sur des réseaux IP. Les protocoles de transport multidiffusion supposent que les réseaux sous-jacents sont dotés de la capacité de transmission multidiffusion IP. Nombre de protocoles de routage multidiffusion ont été proposés jusqu'à présent. Ils peuvent être classés en protocoles d'arborescence source et protocoles d'arborescence partagés. La première catégorie comprend les protocoles DVMRP, MOSPF, PIM-DM et SSM et la deuxième les protocoles CBT, PIM-SM et BGMP.

Le protocole ECTP étant un protocole de transport de bout en bout, ses mécanismes sont conçus pour être indépendants de tout protocole de routage multidiffusion. Toutefois, l'utilisation d'une adresse multidiffusion IP sera affectée par les protocoles de routage multidiffusion sous-jacents. A noter que, dans la connexion multidiffusion simplex ECTP, le propriétaire principal (TO) et les propriétaires locaux (LO) doivent assurer la transmission multidiffusion à leurs destinataires ou enfants et qu'ils utiliseront donc une ou plusieurs adresses multidiffusion IP (voir le § 7.3.3). A partir des actuels protocoles de routage multidiffusion IP, un certain nombre de scénarios possibles pour l'utilisation d'adresses multidiffusion dans une connexion ECTP sont décrits ci-après:

- 1) lorsqu'un protocole d'arborescence partagé tels que le protocole CBT ou PIM-SM est déployé sur les réseaux, une seule adresse multidiffusion est partagée par le propriétaire principal et les propriétaires locaux. Dans ce cas, la multidiffusion de portée TTL est requise pour chaque parent pour qu'il puisse limiter son trafic de paquets de gestion multidiffusion tels que les paquets HB et RD dans son groupe local;
- 2) dans les protocoles d'arborescence partagés ou source, le propriétaire principal ou le propriétaire local utilise sa propre adresse multidiffusion. Dans ce scénario, le propriétaire principal transmet les données multidiffusées à son adresse de multidiffusion de données tandis que chaque propriétaire local envoie des paquets de gestion tels que les paquets HB et RD à son adresse de gestion multidiffusion. Deux ou plusieurs adresses multidiffusion seront donc utilisées pour la connexion ECTP;
- 3) dans le protocole de routage multidiffusion spécifique à la source (SSM), considéré par de nombreux fournisseurs de services Internet comme une solution prometteuse pour le routage multidiffusion IP, une voie ou adresse multidiffusion est définie comme étant une paire constituée d'une adresse multidiffusion (G) et d'une adresse unidiffusion de la source (S). Autrement dit, une paire (S, G) définit une voie multidiffusion. Si le protocole SSM est utilisé dans le réseau, le propriétaire principal et les propriétaires locaux partagent une seule adresse multidiffusion, tandis que les voies multidiffusion du propriétaire principal et des propriétaires locaux peuvent être identifiées au moyen de leur adresse source et de leur adresse multidiffusion commune.

En tout état de cause, les informations concernant les adresses de transport multidiffusion, y compris les adresses multidiffusion IP et les numéros de port, DOIVENT être annoncées à tous les destinataires pendant la phase d'enrôlement.

## Annexe B

### Mécanismes de configuration d'arborescence examinés au sein du Groupe de travail RMT de l'IETF

(Cette annexe ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation | Norme internationale)

Le protocole ECTP offre trois options pour la configuration de l'arborescence (voir le § 8.2.2). La présente annexe esquisse brièvement les mécanismes de configuration d'arborescence proposés par le Groupe de travail RMT de l'IETF. A l'avenir, certains d'entre eux pourront être incorporés dans la spécification du protocole ECTP comme option éventuelle de création d'arborescences.

L'IETF a proposé quatre systèmes de configuration dans lesquels une arborescence de gestion est créée de bas en haut ou à l'initiative des destinataires. Chaque nœud émettant une demande de participation à l'arborescence utilise ses paramètres de mesure par rapport à l'expéditeur pour déterminer le nœud qui est le parent le plus approprié. Selon les paramètres utilisés ou la méthode de mesure appliquée, quatre options sont proposées.

Quels que soient les paramètres de mesure, l'arborescence est généralement créée de la manière suivante.

- 1) Les destinataires d'une session utilisent des mécanismes hors bande normalisés pour découvrir l'existence d'une session par le biais du protocole SAP ou HTTP. Ainsi, un destinataire découvre l'adresse du groupe multidiffusé, l'adresse de l'expéditeur et d'autres informations nécessaires à la création de l'arborescence logique.
- 2) Chaque destinataire détermine ensuite le propriétaire local parent le plus approprié pour la session et se joint à lui pour le service. Si un destinataire est aussi un propriétaire local, il peut se servir des mécanismes pour se trouver un propriétaire local.
- 3) Tous les propriétaires locaux doivent déterminer leur distance par rapport à l'expéditeur au moyen des paramètres de mesure requis pour la session.
- 4) Lorsqu'un propriétaire local détermine sa distance par rapport à l'expéditeur, il découvre également d'autres parents potentiels et leur distance. Il peut ainsi choisir l'endroit où il doit se greffer sur l'arborescence de gestion.
- 5) Lorsqu'un propriétaire local parent adéquat a été choisi, un propriétaire local doit se rattacher au parent choisi. Lorsqu'un propriétaire local est rattaché à un enfant, il doit aussi se rattacher aux autres propriétaires locaux pour former l'arborescence de gestion (enracinement à l'expéditeur).
- 6) Pendant une session, un destinataire ou propriétaire local peut changer de propriétaire local parent pour des raisons déterminées.

Selon l'option de création d'arborescence, une méthode de mesure différente peut être utilisée. La méthode de mesure de la distance par rapport à l'expéditeur permet de définir le rang d'un voisin et de déterminer s'il convient comme parent.

a) Méthode statique

Une liste de voisins disponibles pour un destinataire, conjointement à titre facultatif avec leurs distances, est fournie par un serveur ou emplacement bien connu. Chaque destinataire détermine la distance des voisins, puis choisit le voisin le plus approprié comme propriétaire local parent.

b) Méthode de la recherche en anneau croissant

Les destinataires découvrent leur distance approximative par rapport à l'expéditeur au moyen d'un signal émis par l'expéditeur (par exemple un paquet CR du protocole ECTP). Une fois la distance connue, elle peut être annoncée aux voisins au moyen d'une recherche en anneau croissant (ERS, *expanding ring search*). Chaque destinataire transmet sa demande en multidiffusion au moyen d'une recherche ERS. Les propriétaires locaux de l'arborescence répondent aux demandes des destinataires avec leur propre portée TTL par rapport à l'expéditeur. Chaque destinataire augmente la portée TTL de ses demandes jusqu'à la réception d'une réponse, puis choisit le propriétaire local parent qui convient le mieux.

c) Méthode du routage

Les nœuds découvrent leur distance par rapport à la source au moyen de l'assistant générique de routage (GRA, *generic router assist*). Les destinataires ont configuré au préalable la relation avec les parents potentiels en se fondant sur l'arborescence de routage multidiffusion sous-jacente.

d) Méthode du point de contact

Les nœuds découvrent leur distance par rapport à la source puis, au moyen de cette distance, interrogent un nœud désigné (POC) au sujet des voisins. Le POC indique un ou plusieurs parents propriétaires locaux parmi lesquels les nœuds pourront choisir.

## Bibliographie

Les documents IETF RFC ci-après sont utiles pour comprendre la spécification relative au protocole ECTP.

- IETF RFC 768, User Datagram Protocol, *norme Internet*, août 1980.
- IETF RFC 791, Internet Protocol, DARPA Internet Program, Protocol Specification, *norme Internet*, septembre 1981.
- IETF RFC 793, Transmission Control Protocol, DARPA Internet Program, Protocol Specification, *norme Internet*, septembre 1981.
- IETF RFC 1112, Host Extensions for IP Multicasting, *norme Internet*, août 1989.
- IETF RFC 1119, Network Time Protocol, *norme Internet*, mai 1990.
- IETF RFC 2119, Key Words for Use in RFCs to Indicate Requirement Levels, *meilleure pratique actuelle*, mars 1997.
- IETF RFC 2236, Internet Group Management Protocol, Version 2, *norme proposée*, novembre 1997.
- IETF RFC 2327, SDP: Session Description Protocol, *norme proposée*, avril 1998.
- IETF RFC 2362, Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification, *document expérimental*, juin 1998.
- IETF RFC 2460, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, *projet de norme*, décembre 1998.
- IETF RFC 2887, The Reliable Multicast Design Space for Bulk Data Transfer, *document informatif*, août 2000.
- IETF RFC 2974, SAP: Session Announcement Protocol, *document expérimental*, octobre 2000.
- IETF RFC 3048, Reliable Multicast Transport Building Blocks for One-to-Many Bulk-Data Transfer, *document informatif*, janvier 2001.

## SÉRIES 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        | 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        | RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie 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  |
| <b>Série X</b> | <b>Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts</b>   |
| Série Y        | Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet  |
| Série Z        | Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication  |