

Union internationale des télécommunications

**UIT-R**

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R BT.1887**  
(03/2011)

**Acheminement de paquets IP dans des  
flux de transport MPEG-2 pour la  
radiodiffusion multimédia**

**Série BT**  
**Service de radiodiffusion télévisuelle**



Union  
internationale des  
télécommunications

## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

## Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

### Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	<b>Service de radiodiffusion télévisuelle</b>
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	Vocabulaire et sujets associés

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2011

© UIT 2011

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

## RECOMMANDATION UIT-R BT.1887

**Acheminement de paquets IP dans des flux de transport MPEG 2  
pour la radiodiffusion multimédia**

(Question UIT-R 45-2/6)

(2011)

**Domaine d'application**

La présente Recommandation porte sur l'acheminement de paquets IP dans des flux de transport MPEG-2 pour la radiodiffusion numérique multimédia. Elle spécifie les techniques d'encapsulation et les techniques de compression d'en-têtes IP.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que divers types de signaux pour services multimédias peuvent être transmis dans le cadre de la radiodiffusion numérique;
- b) que la Recommandation UIT-T H.222.0 (systèmes MPEG-2) décrit les méthodes de transport de services et de multiplexage des services utilisées par la plupart des systèmes de radiodiffusion numérique;
- c) qu'avec l'accélération du développement des réseaux de télécommunication IP, l'utilisation d'un paquet IP est aujourd'hui une autre méthode de transport pour divers types de signaux;
- d) que la demande d'harmonisation des services de radiodiffusion et des services de télécommunication est de plus en plus forte;
- e) que, dans le cas des systèmes de radiodiffusion numérique existants ne prenant en charge, comme format du flux à l'entrée, que les flux de transport MPEG-2, il est souhaitable de pouvoir acheminer des paquets IP dans un flux de transport MPEG-2;
- f) qu'il est souhaitable de limiter le nombre de mécanismes d'encapsulation utilisés par les différents systèmes de radiodiffusion,

*recommande*

**1** d'utiliser les mécanismes d'encapsulation décrits dans l'Annexe 1 pour l'acheminement des paquets IP dans des flux de transport MPEG-2 pour la radiodiffusion multimédia;

**2** que la conformité avec la présente Recommandation soit facultative. Toutefois, la présente Recommandation pourra contenir des dispositions obligatoires (pour garantir par exemple l'interopérabilité et l'applicabilité) et il y a conformité avec la présente Recommandation dès lors que toutes ces dispositions obligatoires sont appliquées. L'utilisation du verbe «devoir» ou de toute autre expression exprimant une obligation, comme le verbe «falloir», ainsi que l'utilisation de leur forme négative, servent à énoncer des exigences et ne doivent en aucun cas être interprétées comme impliquant la conformité partielle ou totale avec la présente Recommandation.

## Annexe 1

### Acheminement de paquets IP dans des flux de transport MPEG 2 pour la radiodiffusion multimédia

#### Références

##### Références normatives

- [1] Recommandation UIT-T H.222.0 (2006): Technologies de l'information – Codage générique d'images animées et information audio associée: Systèmes.
- [2] ISO/CEI 13818-6 (1998), Technologies de l'information – Codage générique des images animées et des informations sonores associées – Partie 6: Extensions pour DSM-CC.
- [3] Recommandation UIT-R BT.1869 (2010): Schéma de multiplexage de paquets de longueur variable dans des systèmes de diffusion multimédias numériques.
- [4] IETF RFC 3095 (juillet 2001): Robust Header Compression (ROHC): Framework and four profiles: RTP, UDP, ESP, and uncompressed.  
Cette norme IETF est disponible à l'adresse <http://www.ietf.org/rfc/rfc3095.txt>.
- [5] IETF RFC 4326 (décembre 2005): Unidirectional Lightweight Encapsulation (ULE) for Transmission of IP Datagrams over an MPEG 2 Transport Stream (TS).  
Cette norme IETF est disponible à l'adresse <http://www.ietf.org/rfc/rfc4326.txt>.
- [6] ATSC Doc. A/90 (juillet 2000): ATSC Data Broadcast Standard.
- [7] ATSC Doc. A/92 (janvier 2002): ATSC Standard: Delivery of IP Multicast Sessions over ATSC Data Broadcast.
- [8] ETSI EN 301 192 v1.5.1 (2009-11): Digital Video Broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting.
- [9] IETF RFC 791 (septembre 1981): Internet Protocol.  
Cette norme IETF est disponible à l'adresse <http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt>.
- [10] IETF RFC 2460 (décembre 1998): Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification.  
Cette norme IETF est disponible à l'adresse <http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt>.
- [11] ISO/CEI 8802-2 (1998): Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – Exigences spécifiques – Partie 2: Contrôle de liaison logique.
- [12] ISO/CEI TR 8802-1 (2001): Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – Exigences spécifiques – Partie 1: Vue d'ensemble des normes de réseaux locaux.
- [13] Recommandation UIT-T J.122 (2007) – Systèmes de transmission de deuxième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems pour protocole IP.
- [14] Recommandation UIT-T J.222.2 (2007) – Systèmes de transmission de troisième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP: protocoles de la couche MAC et des couches supérieures.

## Abréviations

ATSC	Comité de systèmes de télévision évolués ( <i>advanced television system committee</i> )
CEI	Commission électrotechnique internationale
CRC	contrôle de redondance cyclique ( <i>cyclic redundancy check</i> )
DSM-CC	commande et contrôle de support d'enregistrement numérique ( <i>digital storage media-command and control</i> )
DVB	radiodiffusion vidéo numérique ( <i>digital video broadcast</i> )
ESP	charge utile d'encapsulation de sécurité ( <i>encapsulating security payload</i> )
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
HCfB	compression d'en-têtes pour la radiodiffusion ( <i>header compression for broadcasting</i> )
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Protocole Internet ( <i>Internet protocol</i> )
ISO	Organisation internationale de normalisation ( <i>International Organization for Standardization</i> )
LLC	commande de liaison logique ( <i>logical link control</i> )
MAC	contrôle d'accès aux médias ( <i>media access control</i> )
MPE	encapsulation multiprotocole ( <i>multi protocol encapsulation</i> )
MPEG	Moving Pictures Experts Group
PDU	unité de données de protocole ( <i>protocol data unit</i> )
PES	flux élémentaire en mode paquet ( <i>packetized elementary stream</i> )
RFC	appel aux commentaires (norme IETF) ( <i>request for comment (IETF standard)</i> )
ROHC	compression robuste d'en-têtes ( <i>robust header compression</i> )
RTP	protocole de transport en temps réel ( <i>real-time transport protocol</i> )
SNAP	point de rattachement au sous-réseau ( <i>sub-network attachment point</i> )
SNDU	unité de données de sous-réseau ( <i>sub-network data unit</i> )
TS	flux de transport ( <i>transport stream</i> )
UDP	protocole datagramme d'utilisateur ( <i>user datagram protocol</i> )
ULE	encapsulation légère unidirectionnelle ( <i>unidirectional lightweight encapsulation</i> )

## 1 Introduction

Bon nombre des systèmes de radiodiffusion numérique déjà déployés utilisent, comme format de flux à l'entrée, un flux de transport MPEG-2 [1]. Deux procédures permettent d'acheminer des paquets IP dans un flux de transport MPEG-2 dans de tels systèmes de radiodiffusion: l'une consiste à encapsuler les paquets dans un flux privé du flux de transport MPEG-2 (voir la Fig. 1), tandis que l'autre prévoit l'encapsulation des paquets dans une section du flux de transport MPEG-2 (voir la Fig. 2).

L'information d'en-tête IP n'étant pas nécessaire sur les canaux de radiodiffusion, elle peut être compressée avant encapsulation, ce qui accroît l'efficacité.



FIGURE 1

**Pile de protocoles pour l'encapsulation de paquets IP  
dans un flux privé d'un flux de transport MPEG-2**

Radiodiffusion multimédia		
Vidéo et audio	Paquet IP	
	Compression d'en-têtes IP	Données et contrôle
PES	Données privées	
Flux		Section
Flux de transport MPEG-2		
Codage du canal et modulation		
Couche physique (de Terre/satellite)		

BT.1887-01

FIGURE 2

**Pile de protocoles pour l'encapsulation de paquets IP dans une section  
d'un flux de transport MPEG-2**

Radiodiffusion multimédia		
Vidéo et audio	Données et contrôle	Paquet IP
		Compression d'en-têtes IP
PES		
Flux	Section	
Flux de transport MPEG-2		
Codage du canal et modulation		
Couche physique (de Terre/satellite)		

BT.1887-02

## 2 Techniques d'encapsulation des paquets IP dans un flux de transport MPEG-2

### 2.1 Encapsulation de paquets IP dans un flux privé d'un flux de transport MPEG-2

L'encapsulation légère unidirectionnelle (ULE) spécifiée dans la norme IETF RFC 4326 [5] est une technique permettant d'encapsuler des paquets IP ou des paquets fondés sur un autre protocole dans un flux de transport MPEG-2 comme données privées.

Un paquet transféré, par exemple un paquet IP, est appelé unité de données de protocole (PDU). Chaque unité PDU est encapsulée dans une unité de données de sous-réseau (SNDU) grâce à l'ajout d'un en-tête d'encapsulation et d'un postambule de contrôle d'intégrité. Le Tableau 1 présente la syntaxe d'une unité SNDU. Une unité SNDU est fragmentée en une série d'un ou plusieurs paquets de flux de transport MPEG-2.

TABLEAU 1  
Syntaxe d'une unité SNDU

Syntaxe	Nombre de bits	Mnémonique
SNDU {		
destination_address_absent_flag	1	bslbf
length	15	uimsbf
type	16	uimsbf
if( destination_address_absent_flag==«0»)		
destination_address	48	uimsbf
if( type==0x0800 )		
IPv4_packet ()		
else if ( type==0x86DD )		
IPv6_packet ()		
else if (type==[T.B.D] )		
compressed_ip_packet ()		
else if (type==[T.B.D] )		
compressed_ip_packet_ROHC ()		
CRC_32	32	rpchof
}		

**destination\_address\_absent\_flag** – Indique l'absence de champ destination\_address. Une valeur de «0» indique la présence du champ destination\_address. Une valeur de «1» indique qu'il n'y a pas de champ destination\_address.

**length** – Indique la longueur, en octets, de l'unité SNDU mesurée à partir de l'octet suivant le champ type jusqu'au champ CRC\_32 inclus.

**type** – Indique le type de charge utile acheminée dans une unité SNDU, ou la présence d'un en-tête suivant.

**destination\_address** – Identifie le ou les récepteur(s) qui traite(nt) une unité SNDU reçue.

**IPv4\_packet ()** – Indique un paquet IPv4 qui comporte un en-tête IPv4 défini dans la norme RFC 791 [9].

**IPv6\_packet ()** – Indique un paquet IPv6 qui comporte un en-tête IPv6 défini dans la norme RFC 2460 [10].

**compressed\_ip\_packet ()** – Indique un paquet qui comporte des en-têtes compressés selon la technique présentée au § 3.1 de la présente Recommandation et au § 4 de la Recommandation UIT-R BT.1869.

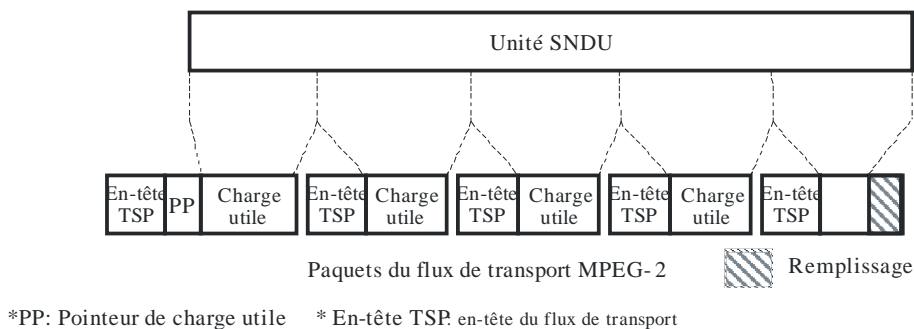
**compressed\_ip\_packet\_ROHC ()** – Indique un paquet IP qui comporte des en-têtes compressés selon la technique de compression robuste d'en-têtes (ROHC) [4] décrite au § 3.2 de la présente Recommandation.

**CRC\_32** – Champ conforme à la Recommandation UIT-T H.222.0.

L'unité SNDU est répartie dans une série de charges utiles des paquets d'un flux de transport. Il existe deux procédures de répartition: le remplissage et le tassement. Les procédures de remplissage et de tassement sont décrites dans les Fig. 3 et 4, respectivement. La procédure de tassement est facultative et peut être appliquée pour une seule session ou unité SNDU.

La procédure de remplissage prévoit que l'on n'encapsule pas une autre unité SNDU immédiatement après une unité SNDU encapsulée dans une série de paquets d'un flux de transport MPEG-2, même s'il reste de l'espace disponible dans un paquet d'un flux de transport partiellement rempli. Cette procédure permet de compenser une efficacité moindre par un temps de latence plus court.

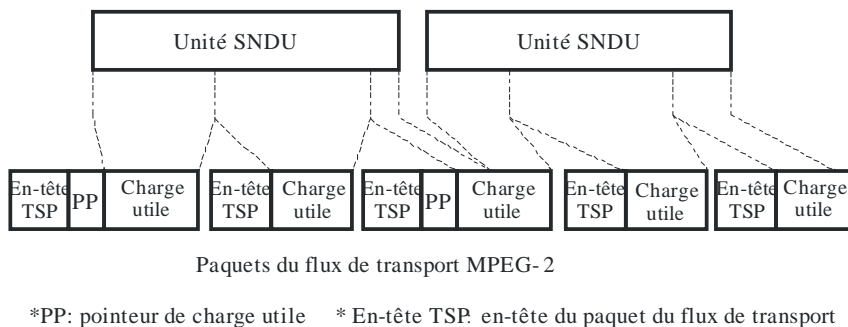
FIGURE 3  
Encapsulation d'une unité SNDU dans les paquets d'un flux de transport MPEG-2 selon la procédure de remplissage



BT.1887-03

Dans la procédure de tassement, lorsque plusieurs unités SNDU attendent d'être transférées et qu'il reste un espace suffisant dans la charge utile du paquet d'un flux de transport MPEG-2, on ajoute une autre unité SNDU après une unité SNDU préalablement encapsulée en utilisant l'octet disponible suivant dans la charge utile du paquet du flux de transport.

FIGURE 4  
Encapsulation d'unités SNDU dans les paquets d'un flux de transport MPEG-2 selon la procédure de tassement



BT.1887-04

## 2.2 Encapsulation de paquets IP dans une section d'un flux de transport MPEG-2

Les deux mécanismes décrits ci-après peuvent être utilisés pour encapsuler des paquets IP dans une section d'un flux de transport MPEG-2.



### 2.2.1 Encapsulation multiprotocole [6]; [7]

Un paquet IP est encapsulé dans une section adressable DSM-CC. La syntaxe de la section adressable DSM-CC permettant d'encapsuler un paquet IP est décrite dans le Tableau 2. Le mappage de sections dans des paquets du flux de transport MPEG-2 est défini dans la Recommandation UIT-T H.220.0.

TABLEAU 2  
Syntaxe de la section DSM-CC\_addressable\_section

Syntaxe	Nombre de bits	Mnémonique
DSMCC_addressable_section () {		
table_id	8	uimsbf
section_syntax_indicator	1	bslbf
error_detection_type	1	bslbf
reserved	2	bslbf
section_length	12	uimsbf
deviceID[7...0]	8	uimsbf
deviceID[15...8]	8	uimsbf
reserved	2	bslbf
payload_scrambling_control	2	bslbf
address_scrambling_control	2	bslbf
LLC_SNAP_flag	1	bslbf
current_next_indicator	1	bslbf
section_number	8	uimsbf
last_section_number	8	uimsbf
deviceID[23...16]	8	uimsbf
deviceID[31...24]	8	uimsbf
deviceID[39...32]	8	uimsbf
deviceID[47...40]	8	uimsbf
if (LLC_SNAP_flag==«1») {		
LLC_SNAP()		
} else {		
for (j=0; j<N; j++) {		
IPv4_packet ( )		
}		
}		
if(section_number == last_section_number) {		
for(j=0; j<N; j++) {		
stuffing_byte	8	bslbf
}		
}		

TABLEAU 2 (fin)

Syntaxe	Nombre de bits	Mnémonique
if (error_detection_type==«1») {		
checksum	32	uimsbf
} else {		
CRC_32	32	rpchof
}		
}		

**table\_id** – Ce champ identifie le type de section DSM-CC. Il est mis à «0x3F» dans le cas d'une section adressable DSM-CC.

**section\_syntax\_indicator** – Il s'agit d'un fanion de 1 bit. S'il est mis à «1», il indique la présence du champ CRC\_32. S'il est mis à «0», il indique la présence du champ checksum.

**error\_detection\_type** – Il s'agit d'un fanion de 1 bit. S'il est mis à «1», il indique la présence du champ checksum. S'il est mis à «0», il indique la présence du champ CRC\_32.

**reserved** – Ce champ de 2 bits est mis à «11».

**section\_length** – Ce champ spécifie le nombre d'octets restants venant immédiatement après le champ section\_length jusqu'à la fin de la section, champ checksum ou CRC\_32 compris.

**deviceId** – Ce champ de 48 bits identifie le dispositif de réception auquel le paquet est destiné. Il est reconstitué en concaténant, dans cet ordre, les champs deviceId[47...40], deviceId[39...32], deviceId[31...24], deviceId[23...16], deviceId[15...8] et deviceId[7...0], qui représentent respectivement les bits numéro 47 à 40, 39 à 32, 31 à 24, 23 à 16, 15 à 8 et 7 à 0.

**payload\_scrambling\_control** – Ce champ définit le mode d'embrouillage de la charge utile. Il comprend la charge utile qui commence avant l'octet DeviceId[47..40], mais ne comprend pas le champ checksum ou CRC\_32.

**address\_scrambling\_control** – Ce champ définit le mode d'embrouillage du champ deviceId.

**LLC\_SNAP\_flag** – Il s'agit d'un fanion de 1 bit. S'il est mis à «1», la charge utile achemine un datagramme encapsulé LLC/SNAP venant après le champ deviceId[47..40]. La structure LLC/SNAP indique le type de paquet transporté. Si ce fanion est mis à «0», la section contient un paquet IPv4 sans encapsulation LLC/SNAP.

**current\_next\_indicator** – Il s'agit d'un fanion de 1 bit. Si la valeur du champ table\_id est comprise entre 0x3A et 0x3C, ce bit est mis à «1». Dans les autres cas, c'est l'utilisateur qui définit la valeur et l'utilisation de ce champ.

**section\_number** – La valeur et l'utilisation de ce champ sont définies par l'utilisateur.

**last\_section\_number** – Ce champ est mis à la valeur maximale encodée dans le champ section\_number pour le même champ table\_id.

**LLC\_SNAP()** – Cette structure contient le datagramme conforme aux normes ISO/CEI 8802-2 Contrôle de liaison logique (LLC) [11] et ISO/CEI 8802-1 Point de rattachement au sous-réseau (SNAP) [12].

**IPv4\_packet ()** – Indique un paquet IPv4 qui comporte un en-tête IPv4 défini dans la RFC 791 [9].

**stuffing\_byte** – Il s'agit d'un champ de 8 bits facultatif dont la valeur n'est pas spécifiée.

**checksum** – Il s'agit d'une somme de contrôle de 32 bits calculée sur la totalité de la section DSMCC\_addressable\_section. Elle est obtenue en considérant la section DSMCC\_addressable\_section comme une séquence d'entiers de 32 bits et en prenant le complément à un de la somme des compléments à un (opération ou exclusif) de tous les entiers, en mettant l'octet de plus fort poids en premier.

**CRC\_32** – Champ conforme à la Recommandation UIT T H.222.0.

### 2.2.2 Encapsulation multiprotocole [8]

Un paquet IP est encapsulé dans une section datagram\_section, qui est conforme au format de la section DSMCC\_section [2]. La syntaxe de la section datagram\_section est décrite dans le Tableau 3. Le mappage de sections dans des paquets du flux de transport MPEG-2 est défini dans la Recommandation UIT-T H.220.0.

TABLEAU 3  
Syntaxe de la section datagram\_section

Syntaxe	Nombre de bits	Mnémonique
datagram_section () {		
table_id	8	uimsbf
section_syntax_indicator	1	bslbf
private_indicator	1	bslbf
reserved	2	bslbf
section_length	12	uimsbf
MAC_address_6	8	uimsbf
MAC_address_5	8	uimsbf
reserved	2	bslbf
payload_scrambling_control	2	bslbf
address_scrambling_control	2	bslbf
LLC_SNAP_flag	1	bslbf
current_next_indicator	1	bslbf
section_number	8	uimsbf
last_section_number	8	uimsbf
MAC_address_4	8	uimsbf
MAC_address_3	8	uimsbf
MAC_address_2	8	uimsbf
MAC_address_1	8	uimsbf
if (LLC_SNAP_flag == «1») {		
LLC_SNAP()		
} else {		
for (j=0; j<N; j++) {		
IPv4_packet ( )		
}		
}		

TABLEAU 3 (fin)

Syntaxe	Nombre de bits	Mnémonique
if(section_number == last_section_number) {		
for(j=0; j<N; j++) {		
stuffing_byte	8	bslbf
}		
}		
if (section_syntax_indicator ==«0») {		
checksum	32	uimsbf
} else {		
CRC_32	32	rpchof
}		
}		

**table\_id** – Ce champ identifie le type de la section DSM-CC. Il est mis à «0x3E» dans le cas de sections DSM-CC contenant des données privées.

**section\_syntax\_indicator** – Il s'agit d'un fanion de 1 bit. S'il est mis à «1», il indique la présence du champ CRC\_32. S'il est mis à «0», il indique la présence du champ checksum.

**private\_indicator** – Il s'agit d'un fanion de 1 bit. Il est mis au complément à un du fanion section\_syntax\_indicator.

**reserved** – Ce champ de 2 bits est mis à «11».

**section\_length** – Ce champ spécifie le nombre d'octets restants venant immédiatement après le champ section\_length jusqu'à la fin de la section, champ checksum ou CRC\_32 compris.

**MAC\_address** – Ce champ de 48 bits contient l'adresse MAC de la destination. L'adresse MAC est fragmentée en 6 champs de 8 bits, étiquetés MAC\_address\_1 à MAC\_address\_6.

**payload\_scrambling\_control** – Ce champ définit le mode d'embrouillage de la charge utile. Il comprend la charge utile qui commence après l'octet MAC\_address\_1, mais ne comprend pas le champ checksum ou CRC\_32.

**address\_scrambling\_control** – Ce champ définit le mode d'embrouillage de l'adresse MAC.

**LLC\_SNAP\_flag** – Il s'agit d'un fanion de 1 bit. S'il est mis à «1», la charge utile achemine un datagramme encapsulé LLC/SNAP venant après le champ MAC\_address\_1. La structure LLC/SNAP indique le type de paquet transporté. Si ce fanion est mis à «0», la section contient un paquet IPv4 sans encapsulation LLC/SNAP.

**current\_next\_indicator** – Il s'agit d'un fanion de 1 bit. Si la valeur du champ table\_id est comprise entre 0x3A et 0x3C, ce bit est mis à «1». Dans les autres cas, c'est l'utilisateur qui définit la valeur et l'utilisation de ce champ.

**section\_number** – Lorsque le datagramme est acheminé en plusieurs sections, ce champ indique la position de la section dans le processus de fragmentation. Dans les autres cas, il est mis à «0».

**last\_section\_number** – Ce champ indique le numéro de la dernière section utilisée pour acheminer le datagramme, c'est-à-dire le numéro de la dernière section du processus de fragmentation.

**LLC\_SNAP()** – Cette structure contient le datagramme conforme aux normes ISO/CEI 8802-2 Contrôle de liaison logique (LLC) [11] et ISO/CEI 8802-1 Point de rattachement au sous-réseau (SNAP) [12].

**IPv4\_packet ()** – Indique un paquet IPv4 qui comporte un en-tête IPv4 défini dans la RFC 791 [9].

**stuffing\_byte** – Il s'agit d'un champ de 8 bits facultatif dont la valeur n'est pas spécifiée.

**checksum** – Il s'agit d'une somme de contrôle de 32 bits calculée sur la totalité de la section DSMCC\_addressable\_section. Elle est obtenue en considérant la section DSMCC\_addressable\_section comme une séquence d'entiers de 32 bits et en prenant le complément à un de la somme des compléments à un (opération ou exclusif) de tous les nombres entiers, en mettant l'octet de plus fort poids en premier.

**CRC\_32** – Champ conforme à la Recommandation UIT T H.222.0.

### 3 Compression d'en-têtes IP

En règle générale, chaque paquet IP comprend un en-tête IPv4 d'au moins 20 octets ou un en-tête IPv6 de 40 octets. A partir de ces en-têtes, les routeurs des réseaux de télécommunication doivent déterminer la direction dans laquelle chaque paquet doit être transféré. Ces en-têtes jouent donc un rôle très important dans les réseaux de télécommunication.

En revanche, ils ne sont pas nécessaires sur les canaux de radiodiffusion, puisque tous les paquets dans les canaux de radiodiffusion sont uniquement transférés à des récepteurs. Il est possible d'augmenter le débit de transfert en compressant l'information d'en-tête inutilisée.

Il est possible d'acheminer un paquet en mode en-tête compressé dans des paquets d'un flux de transport MPEG-2 en procédant à une encapsulation ULE ou MPE. Les deux mécanismes décrits ci-après peuvent être utilisés pour compresser l'information d'en-tête IP. Il est nécessaire d'identifier le mécanisme utilisé pour compresser l'en-tête.

#### 3.1 Compression d'en-têtes pour la radiodiffusion [3]

Cette technique de compression des en-têtes décrite au § 4 de la Recommandation UIT-R BT.1869 consiste à remplacer, pour la plupart des paquets, les en-têtes IP et UDP par des en-têtes compressés de 3 ou de 5 octets. Lorsque le contenu est transféré dans des paquets IP, la plupart des champs de ces en-têtes ne changent pas pendant la connexion. Une fois qu'un en-tête non compressé a été transféré, il ne sera peut-être pas forcément nécessaire de transférer les champs ayant les mêmes valeurs dans les paquets suivants. Selon ce principe, les en-têtes IP et UDP contenant la totalité de l'information sont transférés à des intervalles espacés, tandis que les en-têtes compressés sont transférés pour presque tous les paquets.

On restaure les en-têtes compressés au niveau du récepteur en les remplissant avec l'en-tête d'un paquet précédent qui contient la totalité de l'information d'en-tête.

#### 3.2 Compression robuste des en-têtes en mode unidirectionnel [4]

Il s'agit d'une technique de compression robuste et efficace des en-têtes RTP/UDP/IP, UDP/IP et ESP/IP, qui a été élaborée car les techniques existantes de compression des en-têtes ne fonctionnent pas bien lorsqu'elles sont utilisées sur des liaisons ayant un taux d'erreurs élevé et des temps d'aller-retour importants.

Pour effectuer cette compression robuste, trois modes de fonctionnement sont définis et utilisés en fonction de la situation: le mode unidirectionnel (mode U), le mode bidirectionnel optimiste (mode O) et le mode bidirectionnel fiable (mode R). Bien que cette technique de compression des en-têtes soit en règle générale utilisée sur des canaux bidirectionnels, elle peut être utilisée sur des canaux unidirectionnels, comme ceux servant à la radiodiffusion, lorsqu'elle est appliquée en mode U.

---