

RECOMMANDATION UIT-R BS.776*

**Format de la voie de données d'utilisateur
dans l'interface audionumérique****

(1992)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il est réellement nécessaire d'avoir un format souple, indépendant de toute application particulière, pour la voie de données d'utilisateur dans l'interface audionumérique (Recommandation UIT-R BS.647);
- b) qu'il serait avantageux que tous les appareils utilisent le même format de transmission pour échanger des données auxiliaires;
- c) que ce format devrait être capable d'acheminer efficacement une grande variété d'informations, de messages courts ou longs, en liaison temporelle ou non avec les données audio;
- d) que la trame HDLC (commande de liaison de données à haut niveau: ISO/CEI 13239 (2000)) est une norme très répandue dans l'industrie de la technologie de l'information,

recommande

que l'on adopte la méthode de formatage de la voie de données d'utilisateur ainsi que les règles d'insertion de données dans le multiplex et de gestion des données que décrit l'Annexe 1.

Annexe 1**Format de la voie de données d'utilisateur dans l'interface audionumérique****1 Introduction**

La présente Annexe est destinée à accompagner la spécification de l'interface audionumérique (Recommandation UIT-R BS.647). Il a été élaboré en réponse au désir exprimé par les utilisateurs de l'interface d'avoir un format recommandé pour la voie de données d'utilisateur que procure le bit d'utilisateur.

Il fallait un système qui soit souple, indépendant de l'application qu'en fait l'utilisateur et capable d'acheminer des données de message en liaison temporelle avec les données audio ainsi qu'avec des informations (par exemple, du texte) qui n'auraient pas de rapport avec le son. Il fallait aussi que le débit de données soit constant et s'écarte de moins de 12,5% de la fréquence d'échantillonnage de 48 kHz. Le système spécifié est fondé sur un protocole de communication par paquet très répandu, la commande de liaison de données à haut niveau, HDLC (ISO/CEI 13239 (2000)) que l'industrie de la technologie de l'information a normalisé. Le protocole HDLC a été adapté à la transmission unidirectionnelle pour permettre une transmission précise d'information dépendant du temps mais

* La Commission d'études 6 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2003 conformément à la Résolution UIT-R 44.

** Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la CEI, de l'AES (Audio Engineering Society) et de la SMPTE.

les circuits intégrés HDLC qui sont immédiatement disponibles chez plusieurs constructeurs restent tout de même utilisables. Il devrait donc être facile de mettre en œuvre ce format de transmission sans avoir à recourir couramment à des composants spéciaux et donc, de l'inclure dans les équipements d'interface existants sur le marché.

Cette spécification du système de transport se compose de deux parties. La première concerne le formatage des données et définit les mécanismes qui mettent les messages en paquets de manière à permettre le multiplexage des messages simultanés dans le réseau. La seconde décrit la gestion des voies et définit l'utilisation de la voie et les règles de multiplexage.

Les caractéristiques du système suivent de près les principes généraux du modèle à plusieurs couches de l'ISO.

2 Objet

La présente Annexe spécifie une méthode recommandée de formatage du bit d'utilisateur de chaque voie de l'interface audionumérique (Recommandation UIT-R BS.647). Chaque voie d'utilisateur ainsi constituée ne dépend pas de l'application qu'en fait l'utilisateur; elle est avant tout destinée à la transmission de données associées au signal audio bien qu'on puisse aussi transmettre des données non liées au signal audio. Aucune restriction n'est imposée à la longueur des messages que peut transmettre la voie de données d'utilisateur. La capacité de données est constante pour des fréquences d'échantillonnage comprises entre 42 et 54 kHz, soit $48 \text{ kHz} \pm 12,5\%$. On peut accepter des fréquences d'échantillonnage extérieures à cet intervalle mais si on effectue une conversion de débit vers une fréquence d'échantillonnage inférieure, il faudra procéder à la gestion des données pour éviter de perdre des données indispensables.

Cette Annexe décrit la méthode de formatage en paquets de l'information de l'utilisateur ainsi que les règles d'insertion des données dans le multiplex et de gestion des données. Un autre document qui recommande une stratégie pour l'adressage du matériel et du logiciel est en préparation. Les objectifs ainsi que la teneur de l'information pour utilisateur dans le cas d'applications particulières sortent du cadre de cette Annexe.

La présente Annexe décrit des applications professionnelles pratiques et ne prétend pas couvrir des applications relatives à des versions grand public de l'interface audionumérique.

3 Généralités

3.1 L'interface audionumérique dont la spécification se trouve dans la Recommandation UIT-R BS.647 a pour but principal de permettre la transmission de signaux sonores entre équipements audionumériques. La présente Annexe spécifie un système dans lequel la voie de données d'utilisateur peut servir à transporter une grande variété de messages ainsi que des données audio. Les messages peuvent provenir de nombreuses applications comme les scénarios, les sous-titres, l'information pour le montage, les droits d'auteur, les droits des exécutants, les instructions de commutation en aval, etc. L'utilisateur peut, en toute liberté, choisir et définir une application et les messages envoyés peuvent être de types très différents.

3.2 Le système de transport repose sur un protocole très répandu, la commande de liaison de données à haut niveau, HDLC, (ISO/CEI 13239 (2000)), que l'industrie de la technologie de l'information a normalisé. En général, la HDLC peut prendre en charge des messages circulant dans les deux sens, mais dans le présent système un seul sens est pris en considération, celui des signaux audio. Plusieurs constructeurs qui ont adopté le protocole HDLC peuvent fournir des circuits intégrés. Ils se présentent souvent sous la forme de l'interface HDLC associée à un microprocesseur et une interface locale avec le système de réception et d'émission des messages. On espère ainsi que

le système de transport sera facile à mettre en œuvre sans exiger de composants spéciaux et qu'il sera couramment inclus dans le matériel d'interface commercial.

3.3 Les signaux audionumériques subiront sans doute des traitements multiples et seront à plusieurs reprises échangés entre divers appareils des studios de radiodiffusion. Les messages que l'utilisateur voudra adjoindre aux signaux audio prendront probablement une importance croissante. Ce système de transport permet aux équipements situés en aval d'ajouter des messages dans la voie, à condition de disposer d'une capacité suffisante, ou d'en retirer. Selon sa longueur, le message est expédié en un ou plusieurs paquets. Chacun d'eux porte l'adresse de sa destination. Ainsi, un récepteur ne lira que les messages qui lui sont destinés. On dispose d'un grand nombre d'adresses et le système laisse l'utilisateur libre de se servir des adresses comme il l'entend et d'employer les messages aux fins qu'il désire.

3.4 Principales caractéristiques

Du point de vue de l'utilisateur, les caractéristiques principales du système de transport sont les suivantes.

3.4.1 Messages

Le système de transport peut servir à acheminer une large gamme d'informations. Les messages peuvent avoir n'importe quelle longueur. Ils peuvent être urgents ou non.

3.4.2 Multiplexage

Le système de transport peut acheminer simultanément des messages issus d'applications diverses, dans la limite du débit binaire maximal admis par l'interface. Il permet à l'utilisateur d'introduire des messages à n'importe quel point de la chaîne. Selon leurs divers niveaux de priorité, on les insère plus ou moins vite et plus ou moins souvent.

3.4.3 Débit binaire

Le système de transport met en jeu des paquets et admet l'usage de n'importe quel débit binaire audio. Pour des taux d'échantillonnage audio compris dans l'intervalle $48 \text{ kHz} \pm 12,5\%$ qui inclut 44,1 kHz, il assure aux messages un débit d'information constant. Pour ce faire, on insère des bits fictifs ou de justification aux fréquences d'échantillonnage les plus élevées.

3.4.4 Synchronisation

Avec le système de transport, la voie de données d'utilisateur peut devenir une voie de transmission autonome indépendante de la structure en blocs du signal audio. Toutefois, à la demande de l'utilisateur, la voie peut facilement être synchronisée sur un signal extérieur ou sur la fréquence image vidéo.

3.4.5 Détection des erreurs

Le système de transport comporte un contrôle des erreurs qui permet de détecter toute altération des données dans les messages. L'utilisateur peut sauvegarder les messages importants en ordonnant au système de répéter chaque paquet automatiquement ou le message entier.

3.4.6 Rendement

Le rendement du système est donné par le rapport du débit binaire des données consacrées aux applications au débit binaire total de la voie de données d'utilisateur.

Il faut que le système réserve un certain débit binaire pour l'adressage, l'identification des paquets, la détection des erreurs, la justification, etc. Le pourcentage attribué à cette réserve dépend essentiellement de la longueur du message et, à un moindre degré, de celle des blocs.

Avec des blocs de 40 ms de long et une fréquence d'échantillonnage de 48 kHz, le rendement peut atteindre 60%. On arrive à 70% avec la même longueur de bloc et une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz car on a besoin de moins de bits de justification.

4 Terminologie

4.1 Système de transport

Méthode d'acheminement des messages de la source à la destination où a lieu l'application.

4.2 Adresse

Identification soit du matériel destinataire soit de l'application. Elle peut être combinée à une extension de l'adresse.

4.3 Extension de l'adresse

Partie de l'adresse qui augmente la gamme des équipements destinataires ou d'applications auxquels on peut adresser le message.

4.4 Bloc

Structure répétitive que l'utilisateur choisit comme système de transport.

4.5 Index de continuité

Nombre de messages ou de paquets envoyés vers leur destination. Dans ce système, on compte les messages modulo 8, ce qui permet de déceler jusqu'à 7 messages ou paquets manquants. Ce système emploie un index de continuité des messages ainsi qu'un index de continuité de paquets.

4.6 Octet de commande

Il contient l'information qui permet à l'équipement de réception d'interpréter correctement et de décoder de façon fiable les données qui suivent. Les quatre champs de l'octet de commande contiennent un index de priorité, un index de continuité de paquets, l'autorisation d'extension de l'adresse et les bits de liaison.

4.7 Code cyclique de contrôle de redondance (CRCC)

Voir la séquence de contrôle de trame.

4.8 Séquence de contrôle de trame (FCS)

Deux octets obtenus par un procédé mathématique de l'information du message et ajoutés au paquet pour assurer la correction des erreurs sans voie de retour.

4.9 Commande de la liaison de données à haut niveau (HDLC)

Protocole normalisé sur le plan international en vue de la transmission en paquets des messages.

4.10 Niveau trame

Niveau du système de transport où les paquets constituent des trames HDLC.

4.11 Trame HDLC

Paquet HDLC, après son codage en vue de sa transmission, avec adjonction d'une séquence de contrôle de trame et des drapeaux de limite (ISO/CEI 13239 (2000)).

4.12 Drapeau de trame HDLC

Code unique au niveau physique qui signale le début et la fin d'une trame HDLC.

4.13 Bits de justification

Ces bits sont laissés inutilisés dans la voie de données d'utilisateur afin que le système puisse fonctionner sans perdre d'information à des fréquences d'échantillonnage audio comprises entre 42 et 54 kHz. Le nombre de bits de justification varie avec la fréquence d'échantillonnage audio.

4.14 Niveau message

Niveau du système de transport où les messages sont reçus de leur origine et traités de façon à pouvoir être mis en paquets. A la réception, les paquets sont traités, remis sous forme de messages et communiqués à leur destinataire.

4.15 A₀. Bit de plus faible poids (LSB) dans un octet

Bit transmis le premier dans un système de transmission série.

4.16 A₇. Bit de plus fort poids (MSB) dans un octet

Bit transmis le dernier dans un système série.

4.17 Niveau paquet

Niveau du système de transport où sont constitués les paquets autonomes qui composent le message.

4.18 Niveau physique

Niveau du système de transport où les trames sont codées en vue de leur transmission et insérées dans la voie de données d'utilisateur de l'interface audionumérique.

4.19 Index de priorité

Nombre que l'utilisateur choisit pour assigner une priorité à un paquet ou à un message. On a prévu 4 niveaux de priorité.

4.20 Index de répétition

Nombre que l'utilisateur choisit et qui indique le nombre de répétitions d'un paquet ou d'un message.

4.21 Segment

Partie d'un message long qui a été segmenté. Le segment constitue le contenu d'un paquet.

4.22 Délimiteurs de message

Indicateurs uniques de début ou de fin du message.

5 Formatage des données

5.1 Niveau application

Les messages sont produits par l'utilisateur expéditeur, puis remis au système de transport avec les autres paramètres dont se sert le système de transport pour traiter les messages. Ces paramètres sont les suivants:

- l'adresse de destination,
- le niveau de priorité,
- les délimiteurs de message,
- l'index de répétition.

5.1.1 Adresse de destination

L'utilisateur doit fournir une adresse de destination. Elle est longue soit d'un octet, soit de deux octets, en cas d'utilisation d'une extension de l'adresse.

5.1.2 Index de priorité

L'utilisateur choisit l'index de priorité en fonction de l'urgence du message. Il y a quatre niveaux possibles qui déterminent soit l'attente maximale avant l'expédition du message, soit sa vitesse d'émission s'il s'agit d'un long message. Le système des priorités est décrit en détail au § 6.3.2.

5.1.3 Délimiteurs de message

Le niveau application doit procurer deux drapeaux qui signalent le début et la fin du message.

5.1.4 Index de répétition

L'index de répétition détermine le nombre de fois que chaque partie du message doit être répétée par le système de transport. Il peut prendre n'importe quelle valeur mais pour réduire la charge du système il est recommandé qu'il soit compris entre 0 et 5. L'utilisateur aussi peut répéter tout le message.

5.1.5 Message

Le contenu du message sera traité comme un signal binaire et peut comprendre n'importe quel nombre d'octets de 8 bits.

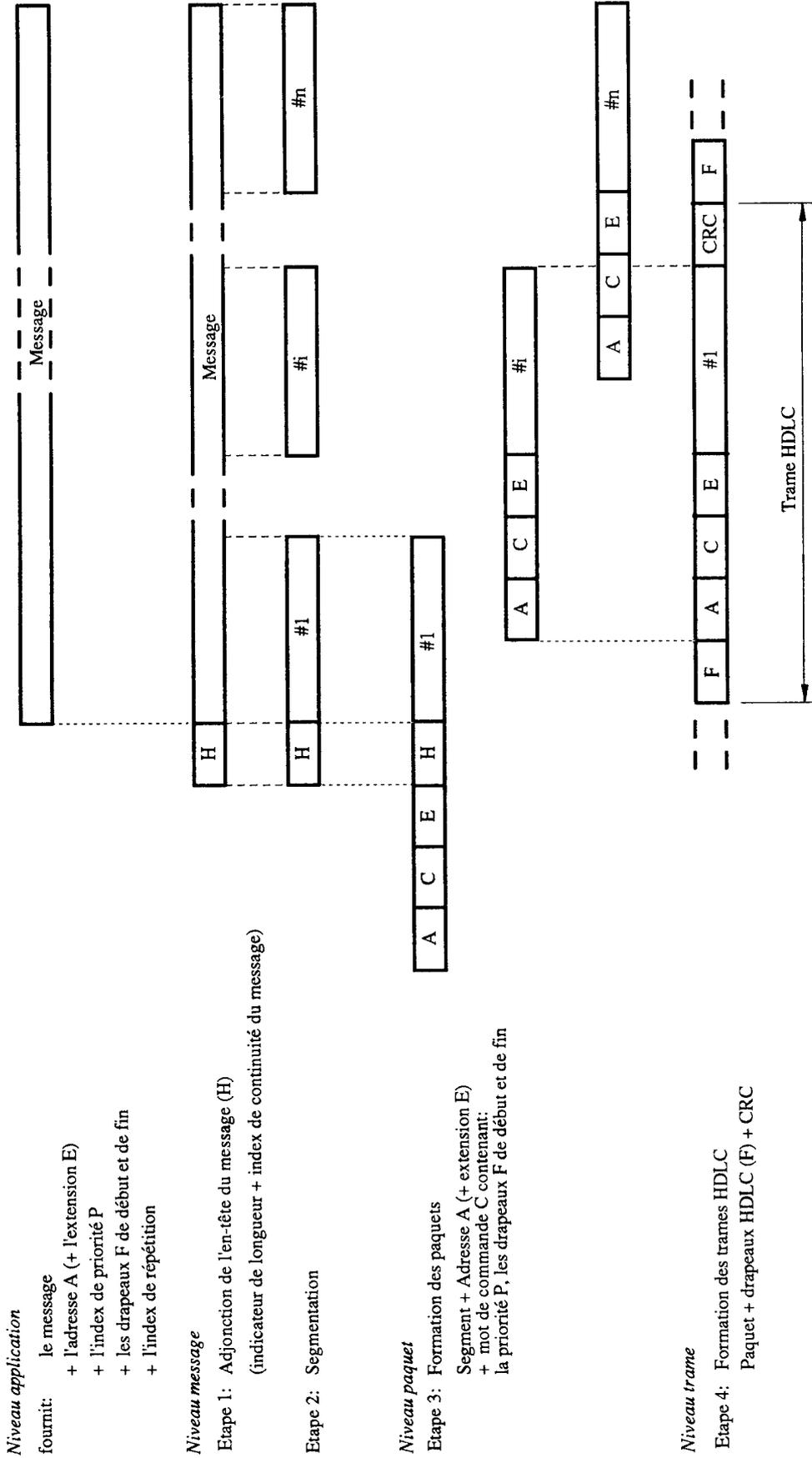
5.2 Système de transport

Le système de transport reçoit les données du message en provenance du niveau application et les traite de manière qu'elles puissent être transmises sur la voie de données d'utilisateur. Le formatage des données se fait à quatre niveaux (Fig. 1):

- le niveau message,
- le niveau paquet,
- le niveau trame,
- le niveau physique.

Chaque niveau joue un rôle propre et à eux quatre les niveaux assurent un formatage correct des données en vue de leur transport.

FIGURE 1
Principales étapes du formatage des données



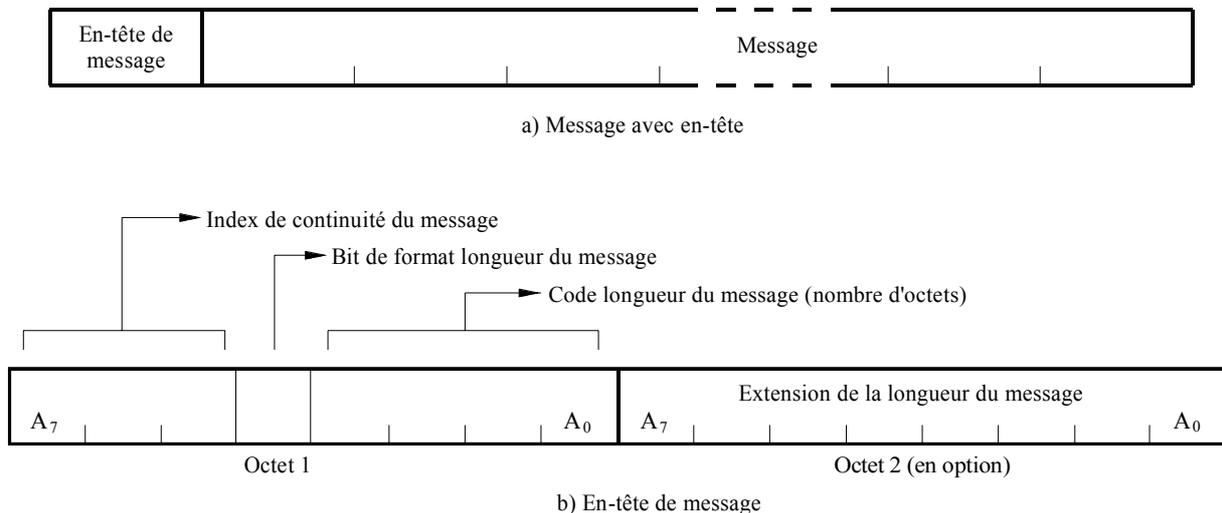
5.2.1 Le niveau message

Le niveau message (Fig. 1 – Etape 1) reçoit de l'utilisateur le message ainsi que les autres paramètres énumérés au § 5.1. Il ajoute un en-tête au message et le divise, en-tête compris, en segments qui seront transportés séparément. Enfin, le niveau message envoie les segments et les paramètres au niveau paquet.

5.2.1.1 En-tête de message

L'en-tête de message (Fig. 2) contient l'information relative à la longueur du message et un index de continuité du message. Selon la longueur du message, l'en-tête a un ou deux octets de long. Dans le premier octet, un bit dépendant de la longueur du message indique si l'on a employé le second octet, extension de la longueur du message.

FIGURE 2
En-tête de message



D02

En-tête du message: premier octet (de A_7 , MSB à A_0 , LSB)

Bits A_7 , A_6 , A_5 Index de continuité du message

L'index de continuité à 3 bits donne le nombre modulo 8 des messages qu'envoie un usager. A_7 est le MSB. Le récepteur peut se servir de cet index pour repérer toute perte de message. Chaque usager doit avoir son propre index de continuité.

Toutefois, lorsqu'un message est répété sous l'effet de l'index de répétition, il ne faut pas que l'index de continuité du message change (voir le § 3.2).

Bit A_4 Format longueur du message

- 0 L'en-tête a un octet de long
- 1 On utilise l'octet d'extension de la longueur du message et l'en-tête a deux octets de long.

Bits A_3, A_2, A_1, A_0 Bits de plus fort poids du code de longueur du message

Ces bits indiquent la longueur du message; leur utilisation est décrite en détail au § 5.2.1.2.

En-tête du message: second octet (de A_7 , MSB à A_0 , LSB) (en option)

Bits A_7 à A_0 Code d'extension de la longueur du message

Ces bits permettent d'allonger le code de longueur du message comme le montre le § 5.2.1.2.

5.2.1.2 Codage de la longueur du message

Les messages peuvent avoir n'importe quelle longueur et leurs différentes longueurs peuvent être codées de trois façons différentes selon la longueur. (A noter que la longueur du message n'inclut PAS le ou les octets d'en-tête du message.)

- Si la longueur du message est inférieure ou égale à 15 octets, l'en-tête du message aura un octet de long car la longueur du message peut être indiquée par le code de longueur de message à 4 bits (octet d'en-tête 1, bits A_3 à A_0). Le bit de format de la longueur du message (octet d'en-tête 1, bit A_4) est mis à «0» logique.
- Si la longueur du message est supérieure à 15 octets mais inférieure ou égale à 4 094 octets, l'octet d'extension de l'adresse sera utilisé et la longueur du message codée au moyen de 12 bits (l'octet d'en-tête 1, les bits A_3 à A_0 et l'octet d'extension (octet d'en-tête 2, bits A_7 à A_0)). Le bit de format de longueur de message du premier octet est mis à «1» logique.
- Si la longueur du message est soit supérieure à 4 094 octets soit inconnue, la longueur du message sera codée 4 095 (FFF hexa). Il faut alors que l'utilisateur fournisse des délimiteurs de message pour en indiquer les limites (voir le § 5.2.2.1 ci-dessous).

5.2.1.3 Segmentation

Le message complété de son en-tête sera divisé en segments de 16 octets ou moins pour le dernier segment ou s'il n'y en a qu'un (Fig. 1 – Etape 2). L'en-tête fait toujours partie du premier segment.

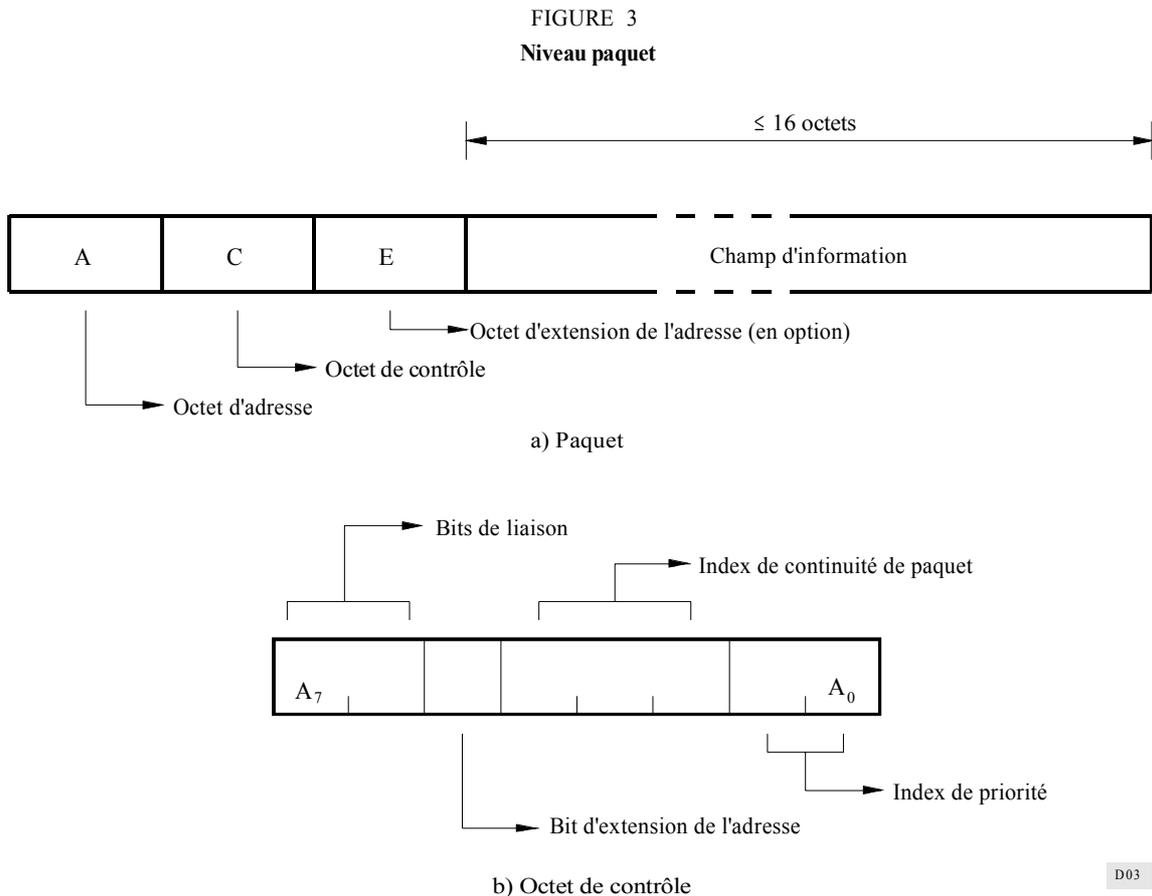
5.2.2 Niveau paquet

Le niveau paquet assemble les segments en paquets (Fig. 1 – Etape 3). Il reçoit du niveau message:

- les segments du message;
- les paramètres envoyés par l'utilisateur:
 - l'adresse (et son extension éventuelle),
 - l'index de priorité,
 - les délimiteurs de début et de fin de message,
 - l'index de répétition.

Chaque paquet (Fig. 3a)) comprendra un segment du message avec en plus un octet d'adresse, un octet de contrôle et, le cas échéant, un octet d'extension de l'adresse. Le segment devient le champ d'information du paquet.

Il faudra que le segment, l'octet d'adresse et l'octet d'extension de l'adresse soient insérés exactement dans le paquet tels qu'ils ont été reçus du niveau message.



D03

5.2.2.1 Octet de contrôle

L'octet de contrôle sera produit au niveau paquet et aura 8 bits de long (de A_7 MSB à A_0 LSB) et sera divisé en 4 champs (Fig. 3b)):

Bits $A_7 A_6$ Bits de liaison

- | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 0 | Le paquet est le premier ou le seul paquet du message (ce paquet comprend toujours l'en-tête du message) |
| 0 1 | Le paquet est le dernier d'un message qui a deux paquets de long ou plus |
| 0 0 | Le paquet est un paquet intermédiaire d'un message qui a trois paquets ou plus |
| 1 1 | Réservé à l'identification des paquets du système (voir le § 6.2.1) |

Bit A_5 Bit d'extension de l'adresse

- | | |
|---|-----------------------------------------------|
| 0 | Il n'y a pas d'octet d'extension de l'adresse |
| 1 | Il y a un octet d'extension de l'adresse |

Bits A₄ A₃ A₂ Index de continuité de paquet

L'index de continuité de paquet donne le nombre total modulo 8 des paquets que l'utilisateur envoie avec la même adresse. A₄ sera le MSB. Cela permet au récepteur de détecter s'il manque un paquet dans le message.

Quand un paquet est répété sous contrôle de l'index de répétition, l'index de continuité de paquet ne doit pas changer.

Bits A₁ A₀ Index de priorité

- 0 0 Index de priorité 0 (la plus faible)
- 0 1 Index de priorité 1
- 1 0 Index de priorité 2
- 1 1 Index de priorité 3 (la plus haute)

NOTE 1 – C'est l'utilisateur qui choisit l'index de priorité (voir le § 5.1.2).

5.2.2.2 Répétition du niveau paquet

Une fois que les paquets sont formés, ils sont répétés autant de fois que l'indique l'index de répétition et sont envoyés au niveau trame.

5.2.3 Niveau trame

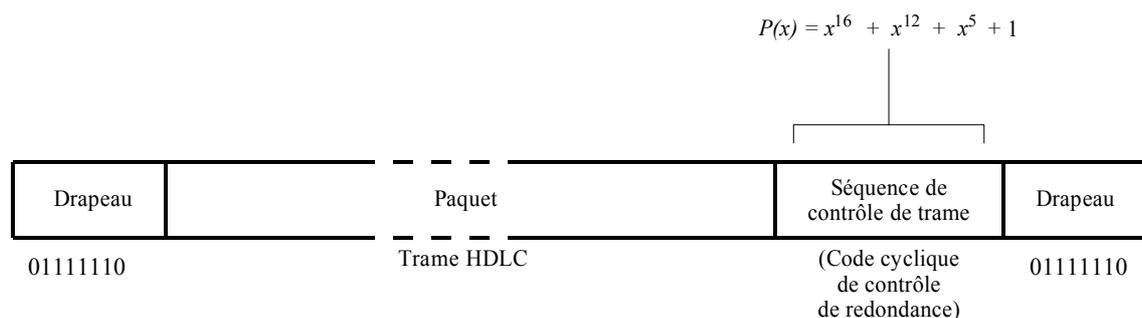
Le niveau trame reçoit les paquets et constitue les trames (Fig. 1 – Etape 4) qui sont insérées dans la voie de données d'utilisateur. Les trames ont la structure HDLC, commande de liaison de données à haut niveau. La trame HDLC est définie dans l'ISO/CEI 13239 (2000).

Une trame (Fig. 4) comprend:

- un drapeau de début: (0111 1110) (7E hexa),
- un paquet,
- une séquence de contrôle de trame (FCS) (contrôle de redondance cyclique),
- un drapeau de fin: (0111 1110) (7E hexa).

Quand on transmet une série de paquets, le drapeau de fin d'une trame peut être le drapeau de début de la suivante.

FIGURE 4
Niveau trame



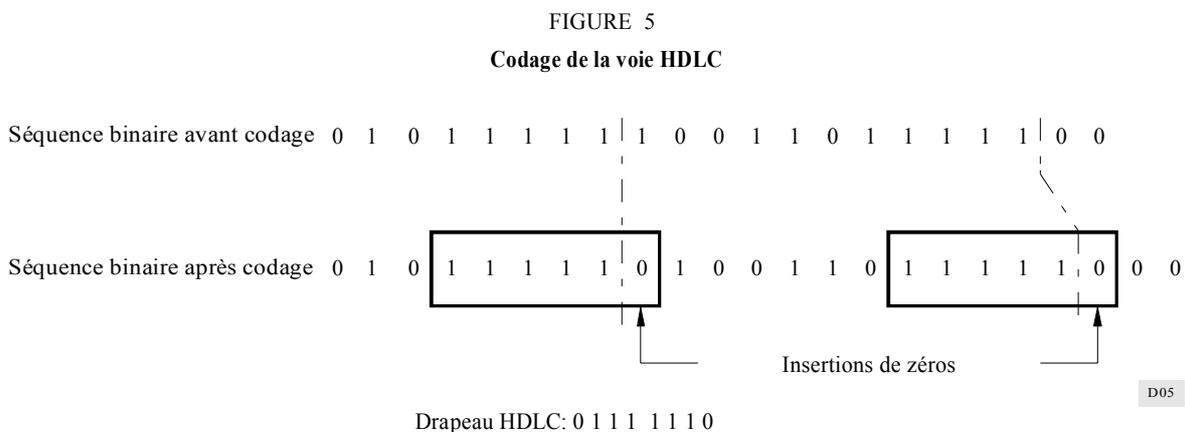
5.2.4 Niveau physique

Le niveau physique (Fig. 1 – Etape 5) est une transmission série de trames codées à un débit binaire égal à la fréquence d'échantillonnage audio.

5.2.4.1 Codage de données

Les données de la partie paquet de chaque trame, FCS incluse, sont codées comme l'indique l'ISO/CEI 13239 (2000) afin d'insérer un «0» logique supplémentaire à la suite de toute séquence de cinq «1» logiques (Fig. 5). On dispose donc des séquences de six «1» logiques pour signaler sans ambiguïté le début et la fin d'une nouvelle trame, car cette formation ne peut apparaître dans les données. Le drapeau est l'octet (0111 1110) (7E hexa).

Quand il y a au moins sept «1» logiques consécutifs, le système de transport doit être en mode repos.



5.2.4.2 Transmission de données

Les trames seront transmises sous forme de signaux NRZ dans la voie de données de l'utilisateur (U) de l'interface audionumérique (Recommandation UIT-R BS.647).

L'utilisation de ce système de transport sera signalée dans la voie d'état de voie (C) de l'interface en mettant les bits 4 à 7* de l'octet 1 d'état de voie au code «0010».

Dans chaque octet, le bit de plus faible poids sera transmis le premier.

6 Gestion de la voie

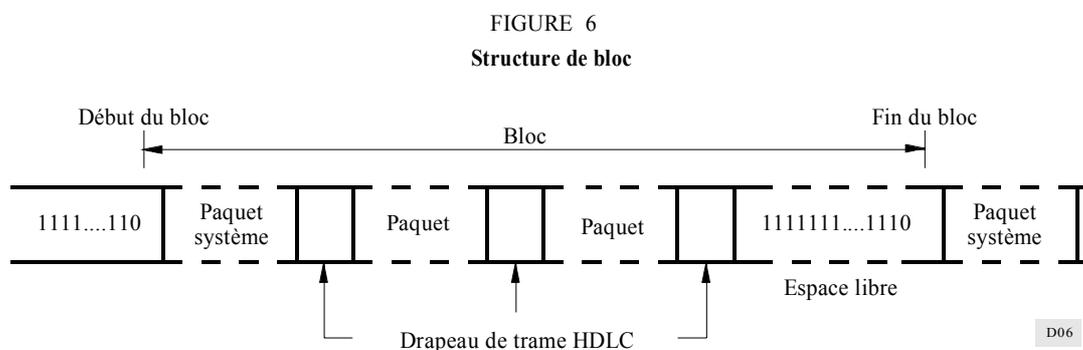
Le système décrit ci-dessus peut transmettre des messages mais rien n'est prévu pour introduire des messages dans les équipements en aval ni pour résoudre des conflits de priorité. Le système de gestion de voie sert à assurer ces fonctions. Il définit:

- un formatage de voie et une structure de bloc,
- un système de description des voies,
- les règles d'insertion des paquets de données.

* Voir la Recommandation UIT-R BS.647.

6.1 Formatage de voie

L'écoulement de données dans la voie de données d'utilisateur sera divisé en structures répétitives appelées blocs. La Fig. 6 présente le schéma de la structure d'un bloc.



6.1.1 Débit et longueur de bloc

La structure des blocs peut être synchronisée par un événement extérieur et l'utilisateur peut définir le taux de répétition des blocs en fonction de leur usage. Les taux de répétition suivants sont recommandés:

Blocs/s	Durée (ms)	Remarques
2	500	
5	200	
24	41,67	Fréquence d'image d'un film
25	40	Fréquence d'image en PAL, SECAM ou TVHD 1 250/50
29,97	33,37	Fréquence d'image NTSC
30	33,33	Fréquence d'image TVHD 1 125/60
33,33	30	Fréquence de trame R-DAT
100	10	Bloc le plus court en pratique

L'utilisateur peut cependant définir n'importe quel autre taux de répétition (voir le § 6.2.1.3). Ces débits de blocs sont indépendants de la fréquence d'échantillonnage audio et contiendront divers nombres de bits pour différentes fréquences d'échantillonnage audio.

Normalement, le nombre de bits dans un bloc reste constant. Dans certains cas, cependant, il est impossible d'avoir un nombre constant de bits dans les blocs. Par exemple, dans le cas de la fréquence image NTSC et d'une fréquence d'échantillonnage audio de 48 kHz, il y a 8 008 échantillons audio toutes les cinq images vidéo. Comme 8 008 n'est pas un multiple de 5, il faudra avoir des blocs de longueur variable.

6.1.2 Début d'un bloc

Le début d'un bloc se repère au moyen d'un «0» logique qui succède à au moins sept «1» logiques et le bloc se termine par au moins sept «1» logiques qui sont ceux qui précèdent le premier «0» logique du bloc suivant. Ce «0» logique se définit comme le premier bit du bloc et on considère que la transition HAUT vers BAS qui suit une séquence de «1» logiques est le début du bloc (Fig. 6).

6.2 Description de la voie

La voie sera divisée en blocs. Le début de chaque bloc est signalé par la séquence de début de bloc décrite ci-dessus (§ 6.1.2).

A la suite de la séquence de début de bloc on peut, en option, ajouter un paquet système qui indique la longueur du bloc et contrôle l'insertion des données. Le paquet système peut avoir un champ d'information qui servirait à acheminer les données système.

6.2.1 Paquet système

Le paquet système contiendra un octet d'adresse, un octet de contrôle, une extension d'adresse (en option), un octet de description et un champ d'information qui peut comporter jusqu'à 15 octets (Fig. 7a)).

L'adresse FF (hexa) est toujours utilisée pour le paquet système et lui sera réservée pour faciliter l'identification.

6.2.1.1 Octet de contrôle de paquets système

L'octet de contrôle d'un paquet système (A_7 à A_0) (Fig. 7b)) aura la structure définie ci-dessous. Ce n'est pas la même structure que celle des octets de contrôle déjà décrits à propos des paquets normaux (§ 5.2.2.1):

Bits $A_7 A_6$ Identification du paquet système

1 1 Ce code est toujours utilisé et signale qu'un paquet est un paquet système

Bit A_5 Bit d'extension de l'adresse

0 Il n'y a pas d'extension de l'adresse

1 Il y a une extension de l'adresse (voir le § 6.2.1.2)

Bit A_4 Réserve, ne servira pas pour le moment, mis au «0» logique

Bits $A_3 A_2 A_1 A_0$ Bits de validation de priorité

A_3 Valide la priorité 3 (la plus haute)

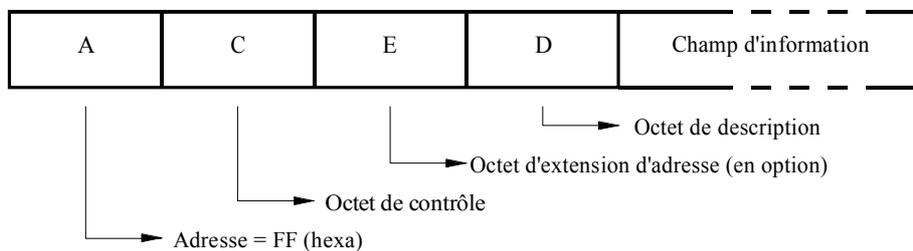
A_2 Valide la priorité 2

A_1 Valide la priorité 1

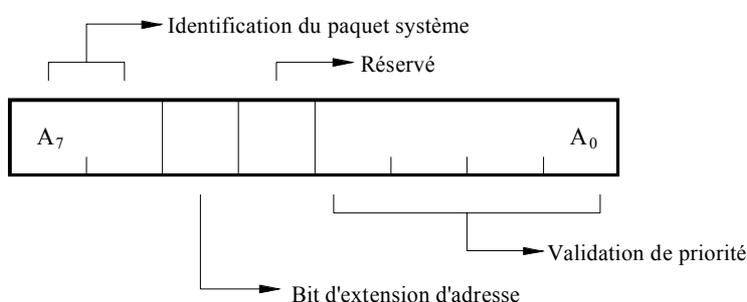
A_0 Valide la priorité 0 (la plus faible)

Quand un bit de validation de priorité est mis à «1» logique, les messages qui ont la priorité correspondante peuvent être introduits; quand ce bit est mis à «0» logique, leur introduction est interdite. Il n'y a pas de restriction imposée aux combinaisons de bits de validation que l'on peut former. Pour les règles générales d'introduction, voir le § 6.3.1.

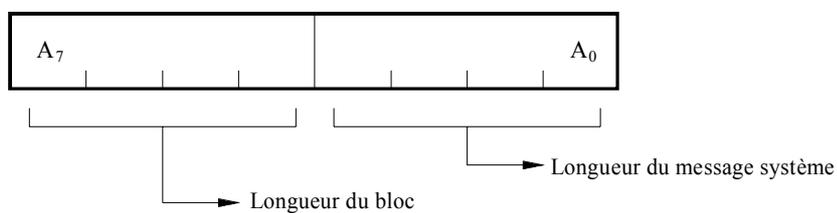
FIGURE 7
Paquet système



a) Paquet système



b) Octet de contrôle



c) Octet de description

D07

6.2.1.2 Octet d'extension de l'adresse

L'octet d'extension de l'adresse identifie le contenu du champ d'information du paquet système et ne sera transmis que si le bit d'extension de l'adresse est mis à «1» logique.

Bits A₇ à A₀ Description du champ d'information du paquet système

Réservés pour une utilisation future. S'ils sont présents, ils doivent tous être mis au «0» logique.

6.2.1.3 Octet de description

L'octet de description à 8 bits (Fig. 7c)) aura deux champs qui définiront la longueur du bloc et celle du message système.

Bits $A_7 A_6 A_5 A_4$ Longueur codée du bloc

	Blocs/s	Durée (ms)	Remarques
0 0 0 0	24	41,67	Fréquence d'image d'un film
0 0 0 1	25	40	Fréquence d'image PAL, SECAM 1 250/50
0 0 1 0	30	33,33	Fréquence d'image TVHD 1 125/60
0 0 1 1	29,97	33,37	Fréquence d'image NTSC
0 1 0 0	100	10	Bloc le plus court en pratique
0 1 0 1	5	200	
0 1 1 0	2	500	
0 1 1 1	33,33	30	
1 0 0 0	Longueur définie par l'utilisateur		

Pour le moment, tous les autres codes sont réservés et ne doivent pas être utilisés.

Bits $A_3 A_2 A_1 A_0$ Longueur du message système (A_3 MSB à A_0 LSB)

Le nombre d'octets dans le champ d'information du paquet système est donné par les bits A_3 à A_0 .

6.2.1.4 Champ d'information du paquet système

Le champ d'information qui suit l'octet de description peut contenir jusqu'à 15 octets de données (Fig. 7). Il peut servir à acheminer les codes temporels, à indiquer la longueur du bloc quand elle a été définie par l'utilisateur ou à transporter les données d'état de voie ou d'autres informations. Le contenu du champ d'information doit, s'il y en a un, être identifié par l'octet d'extension d'adresse du paquet système (voir le § 6.2.1.2).

NOTE 1 – L'utilisation du champ d'information est subordonnée à la définition de l'octet d'extension de l'adresse.

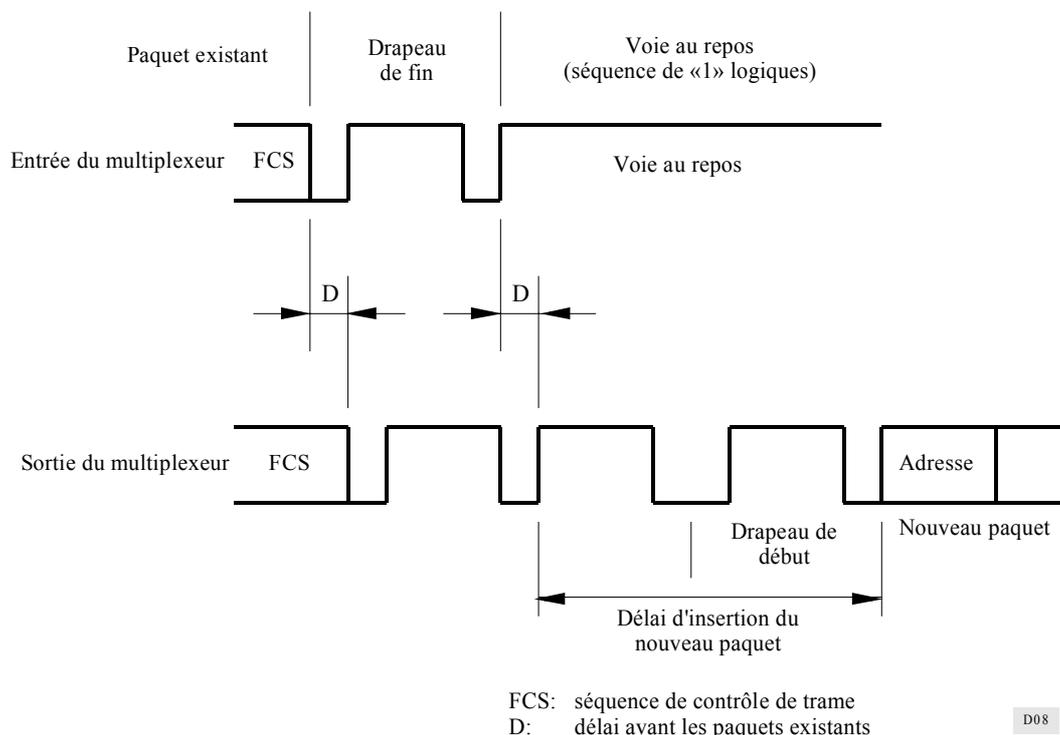
6.3 Insertion de données

Les paquets sont insérés par les multiplexeurs de paquets dans les blocs de la voie de l'utilisateur. Au moment où on veut insérer les paquets, un bloc peut déjà en contenir un certain nombre. Les paquets existants seront suivis d'une succession de «1» logiques qui signalent une voie au repos jusqu'à la fin du bloc. Le drapeau de fin d'un paquet et le drapeau de début du paquet suivant peuvent être le même ou être séparés par un maximum de 3 octets.

6.3.1 Règles d'insertion

Le multiplexage de nouveaux paquets comprend deux étapes. La première est la détection d'un début de bloc (voir le § 4.1.2). La seconde est la détection de sept «1» logiques consécutifs qui signalent une voie au repos. Cela permet au multiplexeur d'introduire un nouveau paquet s'il y a assez de place libre avant la fin du bloc. S'il en est ainsi, le septième «1» logique existant sera mis à «0» logique, ce qui constitue un nouveau drapeau HDLC. Le nouveau paquet (qui comprendra peut-être un autre drapeau HDLC de début) viendra ensuite (Fig. 8).

FIGURE 8
Insertion d'un paquet



D08

L'étendue de l'espace libre disponible dépend de la longueur du bloc et de celle des messages introduits précédemment. Il faut toutefois réserver un espace libre (bits de justification) à la fin de chaque bloc pour éviter de perdre des paquets lors d'une conversion de fréquence d'échantillonnage ou de fonctionnement à vitesse variable. Il faudra réserver suffisamment d'espace libre pour pouvoir réduire le taux d'échantillonnage audio de 12,5% par rapport à 48 kHz. Le Tableau 1 donne des exemples de divers taux d'échantillonnage audio et de longueurs de bloc variées.

TABLEAU 1
Exemples du nombre de bits de justification pour diverses longueurs de bloc

Fréquence d'échantillonnage (kHz)	Espace libre (%)	Nombre total de bits par bloc			Nombre de bits de justification par bloc		
		10 ms	40 ms	200 ms	10 ms	40 ms	200 ms
42	0	420	1 680	8 400	0	0	0
44,1	5	441	1 764	8 820	21	84	420
48	12,5	480	1 920	9 600	60	240	1 200
54	25	540	2 160	10 800	120	480	2 400

La justification ci-dessus est obligatoire dans toute cette gamme de fréquences d'échantillonnage audio. On peut utiliser l'interface et le système de transport à d'autres fréquences d'échantillonnage audio, par exemple 32 kHz, mais il faut alors gérer les données de façon appropriée.

6.3.2 Gestion des priorités

La gestion des priorités se fera au niveau du multiplexage et, au premier abord, on aura ou non le droit d'insérer un message en fonction des bits de priorité du paquet système (voir le § 4.2.1.1). On n'insérera que les paquets dont les bits de priorité sont mis au «1» logique.

Les règles de gestion des priorités garantissent en outre que les multiplexeurs sont capables de répartir la charge des blocs pour éviter que les multiplexeurs en amont ne monopolisent la capacité de la voie.

Une fois l'usage défini, l'utilisateur assigne une priorité à chaque message. Le but de ce choix de priorité est:

- de garantir que l'insertion de messages courts et urgents qui contiennent des données en temps réel ne subit pas un délai supérieur à une certaine limite, ou
- de procurer un débit binaire suffisant, compatible avec l'application prévue, si les messages sont longs.

6.3.2.1 Règles d'insertion en priorité

Les règles de gestion des priorités doivent correspondre au Tableau 2 ci-après. Il définit le nombre maximal de paquets par message qu'on peut insérer par bloc en fonction de la longueur de bloc et de la priorité.

TABLEAU 2

Nombre maximal de paquets par message insérés par bloc en fonction de la longueur de bloc et de la priorité

Priorité	Longueur de bloc			
	10 ms	1 trame	200 ms	500 ms
	Paquets par bloc			
3 (la plus haute)	1	4	20	50
2	1/4	1	5	12
1	1/20	1/5	1	2
0 (la plus faible)	1/40	1/10	1/2	1

Quand le nombre de paquets qu'on peut introduire dans un bloc avec une priorité donnée est supérieur ou égal à un, on peut multiplexer les paquets conformément aux règles définies dans le Tableau 2.

Toutefois, pour les longs messages de faible priorité où ces règles ne permettraient que d'insérer un paquet dans un bloc parmi plusieurs, il faut d'autres règles pour éviter la surcharge des blocs précédents. Dans ce cas, on appliquera les règles suivantes afin de répartir la charge sur tous les blocs disponibles.

Si les règles d'insertion permettent d'insérer un paquet tous les n blocs ($n = 2, 4, 5, 10, 20, 40$, défini dans le Tableau 2):

- le paquet ne devra être inséré dans les $n/2$ premiers blocs que si l'on compte au moins un bloc dont plus de la moitié de la longueur est disponible pour un multiplexage en aval;
- si le paquet n'est pas inséré dans les $n/2$ premiers blocs, il faudra l'insérer dès que possible dans l'un des $n/2$ blocs restants.

6.3.2.2 Applications en temps réel

Pour les messages urgents ou critiques qui ont généralement une longueur d'un paquet, on peut se servir de l'index de priorité pour contrôler le délai d'insertion dans les paquets de message. La longueur de bloc représente l'attente maximale requise avant de pouvoir multiplexer un paquet urgent sur le réseau (un message à paquet unique peut être inséré dans un seul bloc). Il faut aussi que le multiplex ne soit pas surchargé au moment où le message urgent ou critique arrive. On choisira la longueur de bloc pour avoir un délai qui convient à l'application considérée.

Le Tableau 3 montre comment l'attente maximale varie avec les longueurs de bloc et la priorité.

TABLEAU 3

Attente maximale pour l'insertion d'un paquet en fonction de la longueur de bloc et de la priorité

Priorité	Longueur de bloc			
	10 ms	1 trame	200 ms	500 ms
	Attente			
3 (la plus haute)	10 ms	1 trame	200 ms	500 ms
2	1 trame	1 trame	200 ms	500 ms
1	200 ms	200 ms	200 ms	500 ms
0 (la plus faible)	500 ms	500 ms	500 ms	500 ms

6.3.2.3 Adaptation du débit binaire

Les règles de gestion de la priorité et le choix de la priorité peuvent servir à déterminer le nombre de paquets qu'il est possible d'insérer dans un bloc et partant, le débit binaire effectif. Par exemple, pour un bloc de longueur de 10 ms et un message de priorité 3 (la plus haute), on insérera un paquet dans chaque bloc pendant la transmission. Toutefois, avec des blocs de même longueur mais un message de priorité 2, on insérera un paquet dans un bloc sur quatre seulement. La valeur moyenne est un paquet par 40 ms.

Priorité	Nombre approximatif de paquets	Nombre approximatif de bits
3 (la plus haute)	100	12 800
2	25	3 200
1	5	640
0 (la plus faible)	2,5	320