

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R BS.2143-0

(01/2022)

**Méthode de transport des signaux audio
non-MIC et des données sur des interfaces
audionumériques pour la production et
l'échange de programmes**

Série BS

Service de radiodiffusion sonore



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 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 œuvre 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

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

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Émissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	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, 2022

© UIT 2022

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 BS.2143-0

Méthode de transport des signaux audio non-MIC et des données sur des interfaces numériques pour la production et l'échange de programmes

(Question UIT-R 130-3/6)

(2022)

Domaine d'application

La présente Recommandation définit une méthode de transport des signaux audio non à modulation par impulsions et codage (non-MIC) et des données, y compris des métadonnées de la représentation série du modèle ADM (S-ADM), sur les interfaces numériques compatibles avec le format de signal défini dans la Recommandation UIT-R BS.647 (AES3) pour la production et l'échange de programmes.

Mots clés

Signal audio non-MIC, modèle de définition audio (ADM), représentation série du modèle ADM (S-ADM), système sonore évolué, interface numérique, AES3

Abréviations/Glossaire

ADM: Modèle de définition audio, ensemble de métadonnées défini dans la Recommandation UIT-R BS.2076

S-ADM: Représentation série du modèle de définition audio, format de métadonnées fondé sur l'ADM segmenté en une série temporelle de trames définies dans la Recommandation UIT-R BS.2125.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les systèmes sonores évolués nécessitent un ensemble de métadonnées relatives aux signaux audio pour restituer un programme sonore évolué;
- b) que les systèmes sonores évolués dans les flux de travail en direct ou en temps réel de production et d'échange de programmes nécessitent des interfaces en temps réel pour transporter les métadonnées synchronisées avec les signaux audio,

reconnaissant

- a) que la Recommandation UIT-R BS.2051 – Système sonore évolué pour la production de programmes, spécifie les systèmes audio de nouvelle génération qui nécessitent des métadonnées relatives aux signaux audio pour la production de programmes;
- b) que la Recommandation UIT-R BS.2076 – Modèle de définition audio, spécifie l'ensemble des métadonnées relatives aux fichiers audio pour la production fondée sur des fichiers de systèmes sonores évolués;
- c) que la Recommandation UIT-R BS.2125 – Représentation série pour le modèle de définition audio, spécifie le format des métadonnées fondé sur le modèle de définition audio segmenté en une série temporelle de trames pour les flux de travail linéaires, par exemple ceux qui sont appliqués dans la production en direct ou en temps réel pour des applications de radiodiffusion ou de streaming;

- d) que la Recommandation UIT-R BS.647 – Interface audionumérique pour les studios de radiodiffusion, spécifie une interface audionumérique de canaux audio par paire et son interface compatible AES3 qui sont utilisées dans le monde entier;
- e) que la Recommandation UIT-R BS.1873 – Interface audionumérique multicanal série pour les studios de radiodiffusion, spécifie une interface audionumérique multicanal (MADI) de 56 ou 64 canaux basée sur le signal audio à deux canaux défini dans la Recommandation UIT-R BS.647;
- f) que la Recommandation UIT-R BT.1365 – Format audionumérique de 24 bits dans les signaux de données auxiliaires des interfaces série de TVHD, spécifie l'insertion des données audionumériques de 24 bits conformes à la Recommandation UIT-R BS.647 et des informations de commande associées dans l'espace de données auxiliaires des interfaces vidéo numériques série conforme à la Recommandation UIT-R BT.1120;
- g) que la norme SMPTE ST 2110-31 «Médias professionnels sur réseaux IP gérés: transport transparent AES3» spécifie le transport en temps réel, fondé sur le protocole RTP, de signaux AES3 sur des réseaux IP;
- h) que la norme SMPTE ST 337 «Format pour signaux audio non-MIC et données dans une interface audionumérique série AES3» spécifie la méthode de transport de signaux audio non-MIC et de données fondée sur le signal audio à deux canaux défini dans la Recommandation UIT-R BS.647;
- i) que la norme SMPTE ST 2116 «Format pour signaux audio non-MIC et données en AES3 – Transport des métadonnées ADM (modèle de définition audio) série» spécifie la méthode de transport pour transmettre des métadonnées ADM série avec des signaux audio synchronisés dans des applications professionnelles utilisant l'interface audionumérique série AES3,

notant

que la plupart des interfaces audionumériques pour la production et l'échange de programmes sont compatibles avec le format de signal défini dans la Recommandation UIT-R BS.647 (AES3),

recommande

1 que la spécification décrite à l'Annexe 1 soit utilisée pour transporter des signaux audio non-MIC et des données sur les interfaces audionumériques compatibles avec le format de signal défini dans la Recommandation UIT-R BS.647 (AES3) pour la production et l'échange de programmes;

2 que la spécification décrite à l'Annexe 2 soit utilisée pour transporter les métadonnées S-ADM définies dans la Recommandation UIT-R BS.2125 sur les interfaces audionumériques compatibles avec le format de signal défini dans la Recommandation UIT-R BS.647 (AES3) pour la production et l'échange de programmes en utilisant la méthode de transport décrite à l'Annexe 1.

Annexe 1

Méthode de transport des signaux audio non-MIC et des données sur les interfaces audionumériques compatibles avec le format de signal défini dans la Recommandation UIT-R BS.647 (AES3)

1 Introduction

L'interface audionumérique définie dans la Recommandation UIT-R BS.647, également connue sous le nom d'AES3, est largement utilisée pour transmettre des signaux audio MIC linéaires. De nombreuses autres interfaces audionumériques sont compatibles avec le format de signal AES3, notamment:

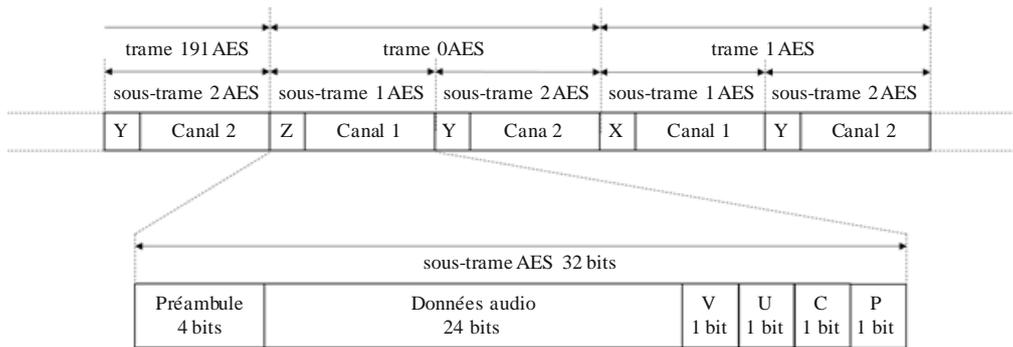
- l'interface audionumérique multicanal (MADI) définie dans la Recommandation UIT-R BS.1873;
- les interfaces numériques série pour la TVHD et la TVHDU définies dans les Recommandations UIT-R BT.1120 et BT.2077, qui peuvent transmettre plusieurs canaux audio en utilisant l'espace de données auxiliaires conformément à la Recommandation UIT-R BT.1365;
- les interfaces IP pour les signaux audio définies dans la norme SMPTE ST 2110-31.

L'interface audionumérique AES3 peut également transmettre des signaux audio non-MIC et des données par la méthode de transport définie dans la norme SMPTE ST 347. Cette annexe décrit la méthode pour les signaux audio non-MIC et les données sur les interfaces audionumériques compatibles avec le format de signal défini dans la Recommandation UIT-R BS.647.

2 Vue d'ensemble

La Recommandation UIT-R BS.647 définit la méthode de transport des signaux audio compatibles avec l'interface audionumérique AES3. L'interface audionumérique AES3 se compose d'une séquence de sous-frames, comme le montre la Fig. 1. Chaque sous-frame est destinée à transporter un échantillon MIC linéaire et contient des intervalles de temps de 32 bits, chacun pouvant transporter un seul bit d'information (V, U, C et P). Une paire de sous-frames, contenant chacune le mot MIC d'un canal audio, constitue une trame AES3 contenant deux mots MIC. Une séquence de 192 trames constitue un bloc. Les 192 bits d'état de canal pour chaque canal dans un bloc constituent le mot d'état de canal de 192 bits (24 octets) pour ce canal.

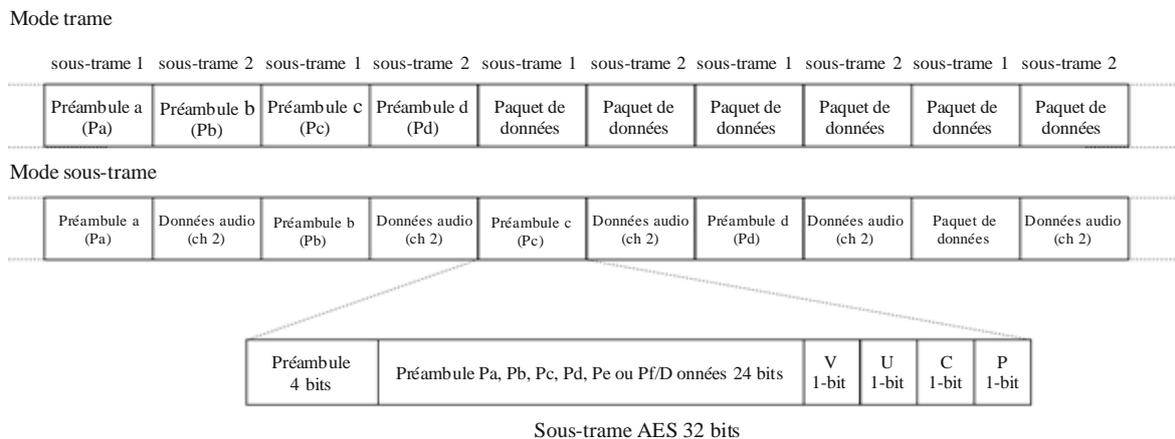
FIGURE 1
Structure des sous-trames audio définie dans la Recommandation UIT-R BS.647



BS.2143-01

Lorsque des signaux audio non-MIC et des données doivent être transportés en utilisant l'interface compatible avec la Recommandation UIT-R BS.647, les signaux audio non-MIC et les données sont affectés à des intervalles de temps de 24 bits à la place des données audio. Les flux de données non-MIC à transporter sont formés en paquets de données, chacun étant constitué d'un préambule contenant des informations sur le paquet, suivi d'une charge utile de données. Les paquets de données sont placés dans le mot d'échantillon audio des sous-trames selon l'un des deux modes présentés à la Fig. 2. En mode trame, l'espace de données de chaque sous-trame au sein d'une trame AES est combiné pour permettre de placer jusqu'à 48 bits de données dans chaque trame. En mode sous-trame, chaque sous-trame contient soit des signaux audio MIC linéaires, soit des signaux audio non-MIC et des données.

FIGURE 2
Structure de paquet de données pour transmettre des données non-MIC et des données



BS.2143-02

Les paquets de données sont identifiés par un numéro indiquant à quel flux de données ils appartiennent. Il est possible de multiplexer dans le temps jusqu'à sept flux différents de signaux audio non-MIC et de données pour former un ensemble de flux de bits de données.

3 Format d'interface permettant de transmettre des signaux audio non-MIC et des données

Les intervalles de temps de 32 bits sont définis comme suit.

TABLEAU 1

Champ de bits d'une sous-trame pour les données non-MIC

Emplacement des bits	Définitions
0-3	Préambule de synchronisation selon la Rec. UIT-R BS.647 (AES3)
4-27	Signaux audio non-MIC et données
28	Bit de validité selon la Rec. UIT-R BS.647 (AES3)
29	Bit de données utilisateur selon la Rec. UIT-R BS.647 (AES3)
30	Bit d'état de canal – octets 0, 1, 2, 23 définis au § 3.1. Les autres octets ne sont pas définis.
31	Bit de parité selon la Rec. UIT-R BS.647 (AES3)

3.1 Mot d'état de canal

Une séquence de 192 trames constitue un bloc. Les 192 bits d'état de canal pour chaque canal dans un bloc constituent le mot d'état de canal de 192 bits (24 octets). Pour les canaux AES3 qui transmettent des signaux audio non-MIC et des données, l'octet 0, l'octet 1, l'octet 2 et l'octet 23 du mot d'état de canal sont définis comme indiqué dans les Tableaux 2 à 5, respectivement, et les autres octets ont la valeur «0».

TABLEAU 2

Bits d'état de canal dans l'octet 0

Bits	Valeur	Définitions
0	1	Utilisation professionnelle du bloc d'état de canal
1	1	Mode audio non-MIC
2-4	000	Accentuation non indiquée
5	–	Statut de verrouillage de fréquence de trame
6-7	–	Indique la fréquence de trame selon la Rec. UIT-R BS.647 (AES3)

TABLEAU 3

Bits d'état de canal dans l'octet 1

Bits	Valeur	Définitions
0-3	0000	Mode de canal codé non indiqué
4-7	–	Gestion des bits utilisateur codés selon la Rec. UIT-R BS.647 (AES3)

TABLEAU 4

Bits d'état de canal dans l'octet 2

Bits	Valeur	Définitions
0-2	–	Utilisation des bits d'échantillon auxiliaires selon la Rec. UIT-R BS.647 (AES3)
3-5	–	Longueur des mots de données non-MIC selon la Rec. UIT-R BS.647 (AES3)
6-7	00	Réservé

TABLEAU 5

Bits d'état de canal dans l'octet 23

Bits	Valeur	Définitions
0-7	–	Mot CRCC selon la Rec. UIT-R BS.647 (AES3)

3.2 Synchronisation de la fréquence d'échantillonnage

Il n'y a aucune exigence de synchronisation entre le débit de l'interface numérique audio et les fréquences d'échantillonnage de l'audio codé au sein du signal audio non-MIC.

4 Format de paquets de données permettant de transmettre des signaux audio non-MIC et des données

Les signaux audio non-MIC et les flux de données à transmettre sont formés en paquets de données constitués de mots de données dans une séquence continue de sous-trames audio. Chaque paquet de données se compose d'un champ **burst_preamble** suivi d'un champ **burst_payload**. Lorsque plusieurs flux sont présents, les paquets de chaque flux sont placés dans le flux AES3 de manière multiplexée par répartition dans le temps.

4.1 burst_preamble

Le champ **burst_preamble** apparaît au début de chaque paquet de données et est suivi du champ **burst_payload**. Lorsque des signaux audio non-MIC et un flux de données sont transmis, on utilise un préambule de quatre ou six sous-trames, composé de mots désignés par **Pa** à **Pd** ou **Pa** à **Pf**. La version à quatre sous-trames ne dispose que d'une capacité de 5 bits pour définir le champ **data_type** de la charge utile et la version à six sous-trames fournit des points de code étendus pour des définitions de champ **data_type** supplémentaires. On utilise la version à six sous-trames lorsque le champ **data_type** a la valeur 31, sinon on utilise la version à quatre sous-trames.

TABLEAU 6
Mots de préambule

Mot de préambule	Contenu
Pa	Mot de synchronisation 1. Pa = 0x96F872 (mode 24 bits)
Pb	Mot de synchronisation 1. Pb = 0xA54E1F (mode 24 bits)
Pc	valeur burst_info .
Pd	length_code , égal au nombre de bits de données dans le champ burst_payload . Lorsqu'on utilise un préambule à six sous-trames, Pe et Pf sont comptés comme des octets de charge utile.
Pe	extended_data_type . Le Tableau 10 indique le type de données des données étendues.
Pf	Réservé. Pf = 0x0000.

4.1.1 Mode trame

Version à quatre sous-trames

Les quatre mots de préambule sont contenus dans deux trames séquentielles. La trame qui commence le paquet de données contient les mots de préambule **Pa** dans la sous-trame Ch1 et **Pb** dans la sous-trame Ch2.

Version à six sous-trames

Les six mots de préambule sont contenus dans trois trames séquentielles. La trame qui commence le paquet de données contient les mots de préambule **Pa** dans la sous-trame Ch1 et **Pb** dans la sous-trame Ch2. Dans la version à six sous-trames, les mots de préambule **Pe** et **Pf** sont comptés comme des octets de charge utile.

4.1.2 Mode sous-trame

Version à quatre sous-trames

Les quatre mots de préambule sont contenus dans quatre sous-trames séquentielles du canal individuel (Ch1 ou Ch2) utilisé pour transporter les signaux audio non-MIC et les données. La sous-trame du canal utilisé au début du paquet de données contient le mot de préambule **Pa**.

Version à six sous-trames

Les six mots de préambule sont contenus dans six sous-trames séquentielles du canal individuel (Ch1 ou Ch2) utilisé pour transporter les signaux audio non-MIC et les données. La sous-trame du canal utilisé au début du paquet de données contient le mot de préambule **Pa**. Dans la version à six sous-trames, les mots de préambule **Pe** et **Pf** sont comptés comme des octets de charge utile.

4.2 burst_info (Pc)

Le champ **burst_info** contient des informations sur le contenu du champ **burst_payload** comme défini dans le Tableau 7. Le bit 23 du champ **burst_info** doit être considéré comme le bit de poids fort (MSB, *most significant bit*) et se trouve dans l'intervalle de temps 27 d'une sous-trame audio.

TABLEAU 7

burst_info

Bits	Définitions
0-7	Réservé
8-12	Le champ data_type (nombre entier non signé de 5 bits) indique le type de données contenues dans le champ burst_payload . Les types de données pris en charge et le mappage des valeurs du champ data_type à des types de données spécifiques sont comme défini dans le Tableau 8. La valeur 31 indique que le champ data_type dans le champ extended_data_type (le mot Pe du champ burst_preamble) est utilisé. Le MSB du champ data_type est placé dans le bit 12 et se trouve dans l'intervalle de temps 16 d'une sous-trame audio.
13-14	data_mode . Le champ data_mode à 2 bits indique le mode dans lequel les données du champ burst_payload sont placées dans les sous-frames audio. Le champ data_mode est défini sur «2» pour indiquer le mode 24 bits. Le MSB du champ data_mode est placé dans le bit 14 et est situé dans l'intervalle de temps 18 d'une sous-trame audio.
15	error_flag . Le champ error_flag à 1 bit fournit une indication d'erreur pour les données dans le champ burst_payload . Si l'on sait que les données contenues dans le champ burst_payload sont exemptes d'erreurs ou si l'on ne sait pas si les données contiennent des erreurs, la valeur de ce bit est définie sur '0'. Si l'on sait que les données dans le champ burst_payload contiennent des erreurs, ce bit peut être défini sur '1'. Le bit du champ error_flag est situé dans l'intervalle de temps 19 d'une sous-trame audio.
16-20	data_type_dependent . La signification du champ data_type_dependent à 5 bits dépend de la valeur du champ data_type .
21-23	<p>data_stream_number.</p> <p>Le champ data_stream_number à 3 bits indique le numéro du flux de données auquel appartient le paquet. Chaque flux de données indépendant utilise une valeur unique pour le champ data_stream_number. Huit numéros de flux de données (0-7) sont disponibles, comme défini dans le Tableau 10.</p> <p>Le MSB du champ data_stream_number est placé dans le bit 23 et est situé dans l'intervalle de temps 27 d'une sous-trame audio.</p> <p>En mode sous-trame, chaque canal AES3 est traité indépendamment et la nécessité d'avoir des numéros de flux de données uniques pour chaque flux de données ne s'applique que dans un canal AES3 donné. Dans ce mode, jusqu'à 14 flux de données indépendants (7 dans chaque canal) peuvent être multiplexés dans le temps dans l'interface AES3.</p> <p>Les paquets de données d'horodatage individuels s'appliquent aux paquets de données spécifiques d'autres types de données. Bien que tous les paquets de données d'horodatage soient identifiés comme flux de données numéro 7, ils ne doivent pas être considérés comme un flux unique de valeurs d'horodatage liées. Lorsque les informations de code temporel sont transportées au sein des paquets de données de code temporel, plusieurs flux de code temporel peuvent être transportés au sein des paquets de données identifiées comme flux de données numéro 7.</p>

TABLEAU 8
data_type dans le préambule Pc

valeur data_type	Définitions
0	Données nulles
1-30	Non défini dans la présente Recommandation
31	Type de données du champ extended_data_type dans le préambule Pe tel que défini dans le Tableau 10

TABLEAU 9
data_stream_number dans le préambule Pc

valeur data_stream_number	Définitions
0	Service audio principal
1-6	Tous les types de données sauf le type de données d'horodatage
7	Données d'horodatage

TABLEAU 10
extended_data_type dans le préambule Pe

valeur data_type	Définitions
0x0000	Réservé
0x0001	Métadonnées S-ADM
0x0002 – 0xFFFF	Réservé

4.3 length_code (Pd)

Le champ **code_length** indique la longueur du champ **burst_payload** en bits. Le MSB du champ **length_code** est toujours situé dans l'intervalle de temps 27 d'une sous-trame audio. Le champ **burst_payload** est limité de 0 à 16 777 215 bits dans le mode 24 bits. Les tailles des mots **Pa – Pd** du champ **burst_preamble** ne sont pas comptées dans la valeur du champ **code_length**.

4.4 burst_payload

Le champ **burst_payload** est segmenté en mots de données et placé dans une séquence continue de sous-frames audio.

4.4.1 Mode trame

En mode trame, les deux canaux AES3 sont utilisés pour transporter un ensemble de flux de données non-MIC. L'espace de données disponible de chaque sous-trame au sein d'une trame audio est combiné lors du regroupement des paquets de données en une séquence continue de trames. Ce mode permet de placer jusqu'à 48 bits de données dans une seule trame audio.

Le champ **burst_payload** est considéré comme un flux de bits en série; le premier bit du premier mot de données de la charge utile dans un paquet occupe la position du bit MSB de la sous-trame 1 (intervalle de temps 27) et le dernier bit du premier mot de données occupe la position du bit de poids faible (LSB, *least significant bit*) de la sous-trame 2. Les derniers bits de données du champ **burst_payload** peuvent n'occuper qu'une fraction de la dernière trame. Tous les bits non utilisés dans la dernière trame ont la valeur '0'.

4.4.2 Mode sous-trame

En mode sous-trame, chaque canal AES3 est utilisé indépendamment pour transporter soit un ensemble de flux de données non-MIC, soit des signaux audio MIC linéaires. La sous-trame de chaque canal AES3 au sein d'une trame est considérée indépendamment lors du regroupement des paquets de données dans une séquence continue de trames. Ce mode permet de placer jusqu'à 24 bits de données par canal dans une seule trame audio.

Le champ **burst_payload** est considéré comme un flux de bits en série; le premier bit du premier mot de données de la charge utile dans un paquet occupe la position du bit MSB de la sous-trame (intervalle de temps 27) et le dernier bit du premier mot de données occupe la position du bit LSB de la sous-trame. Les derniers bits de données du champ **burst_payload** peuvent n'occuper qu'une fraction de la dernière trame. Tous les bits non utilisés dans la dernière trame ont la valeur «0».

Les mots d'état de canal de chaque canal sont traités indépendamment dans le mode sous-trame.

4.5 Espacement des paquets

Il ne doit pas y avoir de séquence de 4 096 trames (en mode trame) ou sous-trames (en mode sous-trame) audio ou plus contenant au moins un paquet de données, sans que le début d'au moins un des paquets de données ne soit précédé de quatre sous-trames audio dont les contenus des sous-trames dans les intervalles de temps 8-27 sont tous 0. Cette exigence garantit qu'il y a des occurrences d'un code de synchronisation étendu 0, 0, 0, 0, **Pa**, **Pb**.

Les paquets de données d'un flux de données non-MIC donné sont placés dans l'interface AES3 dans un ordre consécutif. Si plusieurs flux de données non-MIC sont placés dans l'interface AES3 (ou dans un canal individuel en mode sous-trame), les paquets de données de chaque flux sont entrelacés de manière multiplexée dans le temps.

4.6 Champs dépendant du type de données

Le format des données contenues dans les champs **data_type_specific** et **burst_payload** dépend du champ **data_type**. Le codage spécifique de ces champs est décrit dans d'autres annexes.

Annexe 2

Méthode de transport des métadonnées ADM série sur les interfaces audio-numériques compatibles avec le format de signal défini dans la Recommandation UIT-R BS.647

1 Introduction

Les métadonnées ADM série (S-ADM) sont un type de données non-MIC qui peuvent être transportées sur des interfaces audio-numériques compatibles avec le format de signal défini dans la Recommandation UIT-R BS.647 (AES3) en utilisant la méthode décrite dans l'Annexe 1 avec des contraintes supplémentaires et le mappage des données défini dans la norme SMPTE ST 2116. Cette annexe décrit la méthode des métadonnées ADM série (S-ADM) sur les interfaces audio-numériques compatibles avec le format de signal défini dans la Recommandation UIT-R BS.647.

2 Format des paquets de données pour transmettre les métadonnées S-ADM

Le flux de métadonnées S-ADM à transmettre est formé de paquets de données constitués de mots de données dans une séquence continue de sous-frames audio. Chaque paquet de données se compose d'un champ **burst_preamble** suivi d'un champ **burst_payload**.

2.1 **burst_preamble** (voir le § 4.1 de l'Annexe 1)

Le champ **burst_preamble** apparaît au début de chaque paquet de données et est suivi du champ **burst_payload**. Lorsque le flux de métadonnées S-ADM est transmis, on utilise le préambule à six sous-frames, qui se compose de mots désignés par **Pa** à **Pf**. Les six mots de préambule sont contenus dans six sous-frames séquentielles du canal individuel utilisé pour transmettre les métadonnées S-ADM. Les mots de préambule **Pe** et **Pf** sont comptés comme des octets de charge utile. Cela garantit la compatibilité avec les équipements qui ne prennent pas en charge le fonctionnement à six sous-frames.

TABLEAU 11

Mots de préambule

Mot de préambule	Contenu
Pa	Mot de synchronisation 1. Pa a la valeur «0x96F872» (mode 24 bits).
Pb	Mot de synchronisation 1. Pb a la valeur «0xA54E1F» (mode 24 bits).
Pc	valeur burst_info (voir Tableau 12).
Pd	length_code , égal au nombre de bits de données dans le champ burst_payload . Les mots de préambule Pe et Pf sont comptés comme des octets de charge utile.
Pe	extended_data_type . Pe a la valeur «0x0001» pour les métadonnées S-ADM.
Pf	Réservé. Pf a la valeur «0x0000».

2.2 **burst_info** (**Pc**) (voir le § 4.2 de l'Annexe 1)

Le champ **burst_info** contient des informations sur le contenu du champ **burst_payload** comme défini dans le Tableau 12.

TABLEAU 12

burst_info

Bits	Définitions
0-7	Réservé
8-12	Le champ data_type a la valeur 31, ce qui indique qu'on utilise le champ data_type dans le champ extended_data_type (le mot «Pe» du champ burst_preamble).
13-14	data_mode . Le champ data_mode à 2 bits indique le mode dans lequel les données du champ burst_payload sont placées. Le champ data_mode a la valeur «2» pour indiquer le mode 24 bits.
15	error_flag . 1 indique que le paquet de données peut contenir des erreurs. 0 indique que les données peuvent être valides.
16	changedMetadata_flag . 0 indique que les métadonnées ADM série ne présentent aucune différence entre les trames de métadonnées ADM précédentes et actuelles. 1 indique que les métadonnées ADM série présentent une différence entre les trames de métadonnées ADM précédentes et actuelles.
17	assemble_flag . 0 indique que le mot du champ assemble_info n'est pas présent. Les métadonnées ADM série sont transmises par un seul paquet de données. 1 indique que le mot du champ assemble_info est présent. Les métadonnées ADM série sont transmises par plusieurs paquets de données.
18	format_flag . 0 (par défaut) indique que le mot du champ format_info n'est pas présent. Les métadonnées ADM série sont codées en UTF-8. 1 indique que le mot du champ format_info est présent. Les métadonnées ADM série sont codées avec un type de format d'encodage optionnel.
19-20	multiple_chunk_flag . 00 indique qu'un seul fragment est utilisé dans le type de trame «header», «full», «intermediate» ou «all» pour transmettre les métadonnées ADM série. 01 indique que le dernier fragment de la trame est de type «divided». 10 indique les fragments intermédiaires dans la trame sont de type «divided». 11 indique que le premier fragment de la trame est de type «divided».
21-23	data_stream_number . Le champ data_stream_number à 3 bits indique le numéro du flux de données auquel appartient le paquet. Le champ data_stream_number a pour valeur le même numéro lorsque plusieurs paquets de données transmettent les métadonnées ADM série.

2.3 length_code (Pd) (voir le § 4.3 de l'Annexe 1)

Le champ **code_length** indique la longueur du champ **burst_payload** en bits. Le MSB du champ **length_code** est toujours situé dans l'intervalle de temps 27 d'une sous-trame audio. Le champ **burst_payload** est limité de 0 à 16 777 215 bits dans le mode 24 bits. Les tailles des mots **Pa** - **Pd** du champ **burst_preamble** ne sont pas comptées dans la valeur du champ **code_length**.

2.4 **extended_data_type (Pe) (voir le § 4.3 dans l'Annexe 1)**

Le champ **extended_data_type** indique un champ **data_type** supplémentaire. La valeur du champ **data_type** dans le champ **extended_data_type** est 0x0001.

2.5 **burst_payload (voir le § 4.4 dans l'Annexe 1)**

Le champ **burst_payload** est segmenté en mots de données et placé dans une séquence continue de sous-frames audio. Chaque sous-trame audio (canal audio) est utilisée indépendamment pour transporter un ensemble de métadonnées S-ADM. Le premier bit du premier mot de données de la charge utile dans un paquet occupe la position du bit MSB de la sous-trame audio (intervalle de temps 27) et le dernier bit du premier mot de données occupe la position du bit LSB de la sous-trame audio. Les derniers bits de données du champ **burst_payload** peuvent n'occuper qu'une fraction de la dernière sous-trame audio. Tous les bits non utilisés dans la dernière trame ont la valeur «0».

Le champ **burst_payload** contient les champs **assemble_info**, **format_info** et **SADM_metadata_container**. Le champ **assemble_info** et le champ **format_info** sont placés avant le champ **SADM_metadata_container** si l'un ou les deux sont nécessaires.

2.5.1 **assemble_info**

Le champ **assemble_info** consiste en un mot de la sous-trame audio et est positionné dans le premier mot du champ **burst_payload**. La valeur du champ **assemble_info** est indiquée dans le Tableau 13.

TABLEAU 13
assemble_info

Bits	Définitions
0-7	Réservé
8, 9	in_timeline_flag . 00 indique que le mode «multiple in-timeline» n'est pas utilisé. 01 indique le dernier paquet de données dans le mode «multiple in-timeline». 10 indique les paquets de données intermédiaires dans le mode «multiple in-timeline». 11 indique le premier paquet de données dans le mode «multiple in-timeline».
10-15	track_numbers (over_track_flag). nombre entier non signé de 6 bits = 0 à 63. Le champ track_numbers plus 1 indique le nombre total de pistes transmettant les métadonnées ADM série. 0 indique que le mode «multiple over-track» n'est pas utilisé. La valeur 0 indique que le mode «multiple over-track» est utilisé.
16-21	track_ID . nombre entier non signé de 6 bits = 0 à 63. Index des pistes transmettant les métadonnées ADM série.
22, 23	Réservé

2.5.2 **format_info**

Le champ **format_info** consiste en un mot de la sous-trame audio. Lorsque le champ **assemble_info** est utilisé, le champ **format_info** est positionné dans le deuxième mot du champ **burst_payload**. Lorsque le champ **assemble_info** n'est pas utilisé, le champ **format_info** est positionné dans le premier mot du champ **burst_payload**. La valeur du champ **format_info** est indiquée dans le Tableau 14.

TABLEAU 14
format_info

Bits	Définitions
0-7	Réservé
8-11	format_type . Le champ format_type indique le type de format de codage des métadonnées S-ADM, tel que défini dans le Tableau 15.
12-23	Réservé

TABLEAU 15
format_type

Valeur	Définitions
0000	UTF-8 (texte 8 bits)
0001	UTF-8 compressé avec gzip comme défini dans la Spécification RFC 1952
0010 à 1111	Réservé

2.5.3 SADM_metadata_container

Le champ **SADM_metadata_container** contient les métadonnées ADM série.

Le mot du champ **SADM_metadata_container** est rempli de données de 24 bits. Les métadonnées codées ADM série sont séparées en champs de données de 24 bits à partir du premier échantillon de données. Lorsque le champ **format_flag** a la valeur 0 ou que le champ **format_type** a la valeur 0000, les métadonnées ADM série codées en caractères 8 bits en UTF-8 sont mises en paquets comme indiqué dans le Tableau 16. Un mot peut transmettre des données de trois caractères.

TABLEAU 16
Valeurs SADM_metadata_container pour le texte UTF-8

Bits	Valeur
0-7	Premier caractère du trio
8-15	Deuxième caractère du trio
16-23	Troisième caractère du trio

Lorsque le champ **format_flag** a la valeur 1 et que le champ **format_type** a la valeur 0001, les métadonnées S-ADM codées en UTF-8 sont compressées avec gzip (comme défini dans la Spécification RFC 1952). Les données compressées sont divisées en blocs de 24 bits pour être empilées dans les mots du champ **SADM_metadata_container**.

Dans le mode «multiple over-track», la série de mots du champ **SADM_metadata_container** est divisée en plusieurs pistes (voir le § 3.4).

2.6 Espacement des paquets (voir le § 4.5 de l'Annexe 1)

Conformément au § 4.5 de l'Annexe 1. Étant donné qu'une seule piste AES3 transmet un flux de métadonnées ADM série, les intervalles de temps 8-27 de la sous-trame AES3 dans l'espacement des paquets sont remplis par des «0».

3 Mappage du paquet de données pour transmettre les métadonnées S-ADM

Le paquet de données destiné à transmettre les métadonnées S-ADM a la structure suivante.

Data_burst

```

{
    burst_preamble (Pa ... Pf)
    If assemble_flag == 0 and format_flag == 0
        burst_payload (SADM_metadata_container)
    else if assemble_flag == 1 and format_flag == 0
        burst_payload (assemble_info, SADM_metadata_container)
    else if assemble_flag == 0 and format_flag == 1
        burst_payload (format_info, SADM_metadata_container)
    else
        burst_payload (assemble_info, format_info, SADM_metadata_container)
    end
}

```

Les métadonnées S-ADM sont transmises par des paquets de données multiples selon le mode «multiple in-timeline» (voir le § 3.3), le mode «multiple over-track» (voir le § 3.4) ou les deux modes (voir le § 3.5).

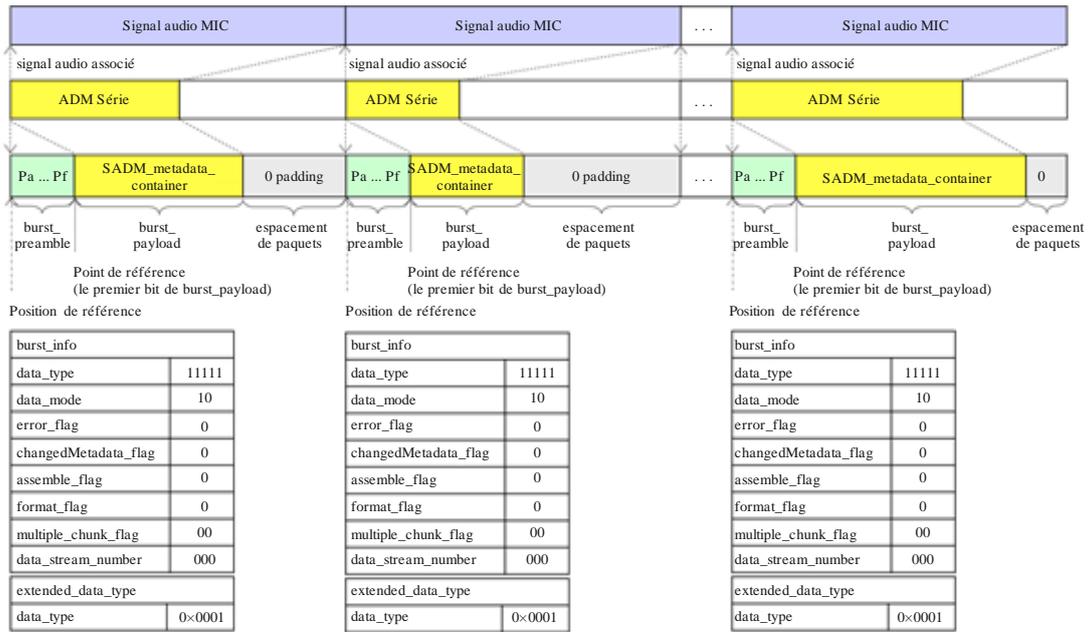
3.1 Structure fondamentale du paquet de données

La Figure 3 montre la structure fondamentale de la séquence de paquets de données transmettant les métadonnées S-ADM en utilisant le mode sous-trame (voir le § 4.4.2 de l'Annexe 1).

Les métadonnées S-ADM sont contenues dans un seul champ **SADM_metadata_container**. Le premier échantillon de signaux audio MIC associé aux métadonnées S-ADM est synchronisé avec le premier mot **Pa** du champ **burst_preamble** dans chaque paquet de données.

FIGURE 3

Structure fondamentale de la séquence de paquets de données transmettant les métadonnées S-ADM



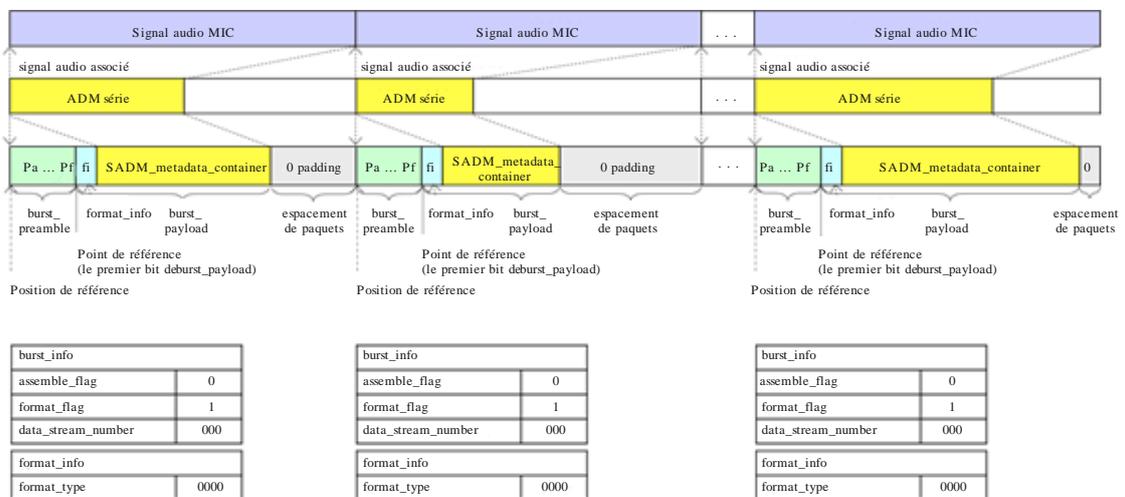
BS.2143-03

3.2 Structure du paquet de données avec le champ format_info

Lorsque les métadonnées S-ADM sont codées avec un type de format d'encodage facultatif, le champ **format_flag** prend la valeur «1». La Figure 4 montre la structure de la séquence de paquets de données transmettant les métadonnées S-ADM. Dans ce cas, le champ **format_info** est transmis par le premier mot du champ **burst_payload**.

FIGURE 4

Structure de la séquence de paquets de données avec le champ format_info transmettant les métadonnées S-ADM



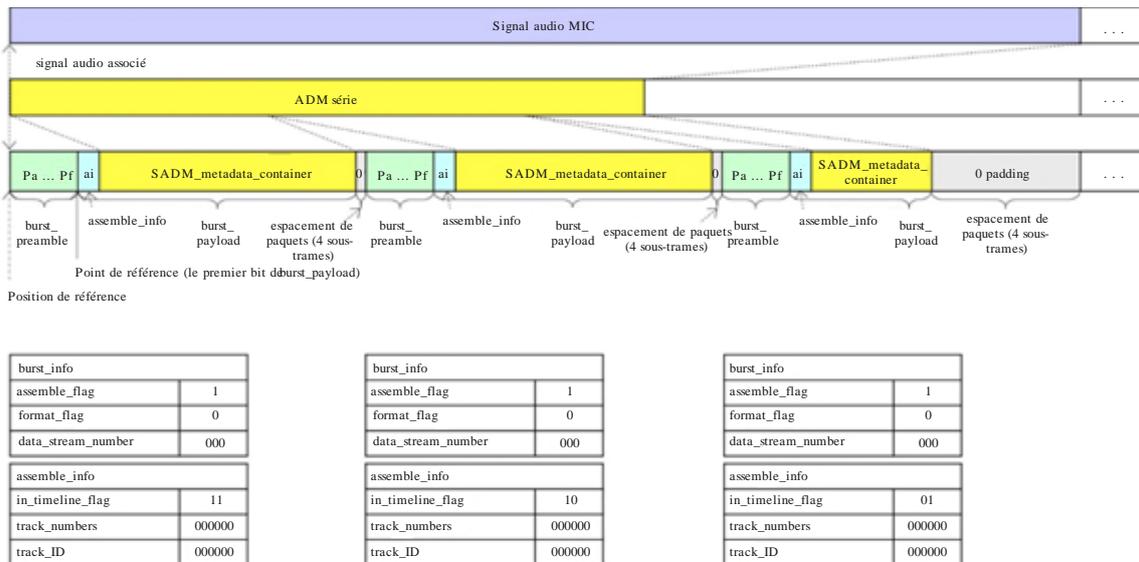
BS.2143-04

3.3 Structure des paquets de données dans le mode «multiple in-timeline»

Le mode «multiple in-timeline» est utilisé pour transmettre les métadonnées S-ADM sur plusieurs paquets de données en continu. La Figure 5 montre un exemple de la structure des paquets de données. Dans ce cas, les métadonnées S-ADM sont divisées en trois paquets de données en continu dans la même piste. Les champs **in_timeline_flags** dans les mots du champ **assemble_info** des premier, deuxième et troisième paquets de données ont respectivement les valeurs 11, 10 et 01. Les champs **data_stream_numbers** dans le mot de préambule **Pc** des deux paquets de données ont la même valeur «000». Les champs **track_numbers** (over_track_flags) dans les mots du champ **assemble_info** de tous les paquets de données ont également la même valeur «000000». Les premier et deuxième paquets de données ont les dernières sous-trames audio dans lesquelles les intervalles de temps 8-27 sont remplis par des «0».

FIGURE 5

Exemple de la structure des paquets de données dans le mode «multiple in time»



BS.2143-05

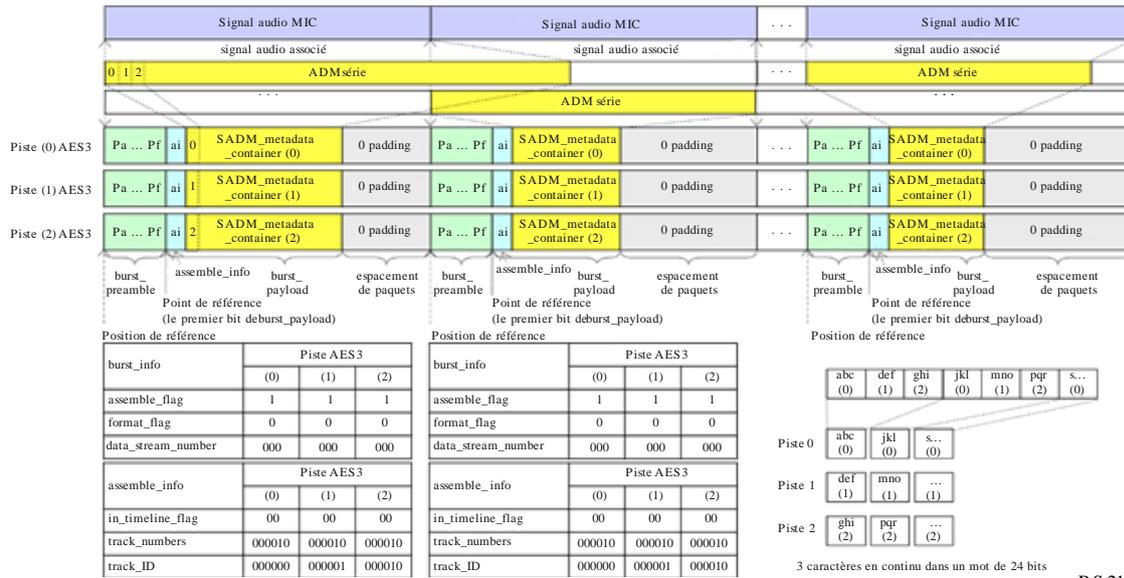
NOTE – Dans ce cas, les métadonnées S-ADM sont divisées en deux paquets de données en continu dans la même piste.

3.4 Structure des paquets de données dans le mode «multiple over-track»

Le mode «multiple over-track» est utilisé pour transmettre les métadonnées S-ADM sur plusieurs paquets de données simultanés. Les champs **burst_payloads** synchronisés ayant un champ **track_ID** continu et les mêmes champs **data_stream_number** sont combinés. La Figure 6 montre un exemple de la structure des paquets de données. Dans ce cas, les métadonnées S-ADM sont divisées en trois paquets de données simultanés dans différentes pistes. Les champs **track_numbers** (over_track_flag) dans le champ **assemble_info** de chaque paquet de données ont la même valeur «000010». Les champs **track_ID** dans le champ **assemble_info** des premier, deuxième et troisième paquets de données ont respectivement les valeurs «000000», «000001» et «000010». Le champ **data_stream_number** dans le mot **Pc** du champ **burst_preamble** de chaque paquet de données a la même valeur «000».

FIGURE 6

Exemple de la structure des paquets de données dans le mode «multiple over-track»



BS.2143-06

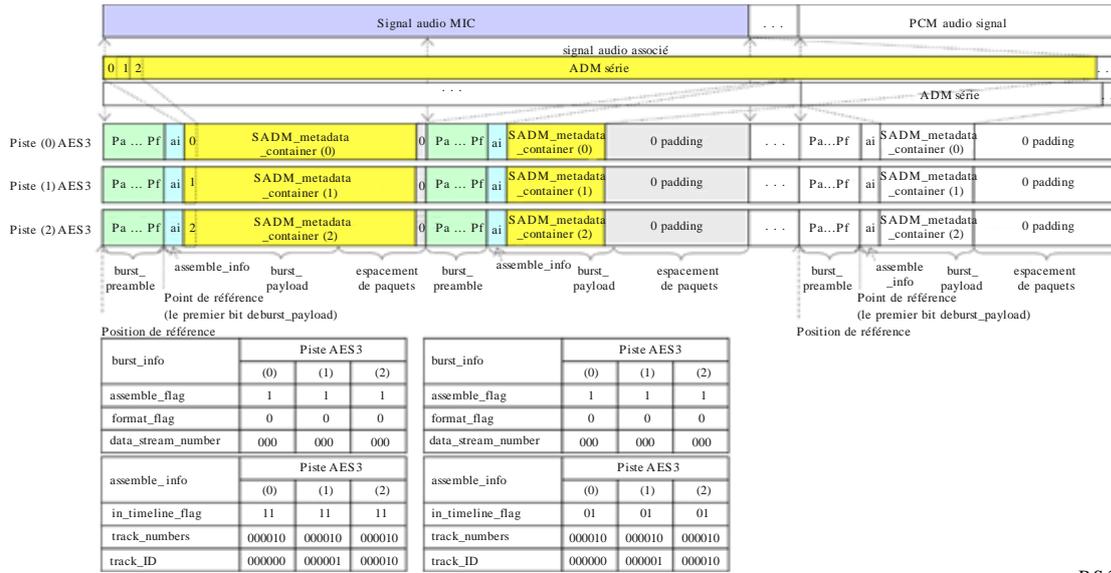
NOTE – Dans ce cas, les métadonnées S-ADM sont divisées en trois paquets de données simultanés sur des pistes différentes.

3.5 Structure des paquets de données dans les modes «multiple over-track» et «multiple in-timeline»

Il est possible d'utiliser en même temps les deux modes «multiple over-track» et «multiple in-timeline». La Figure 7 montre un exemple de la structure des paquets de données. Dans ce cas, les métadonnées S-ADM sont divisées en une paire continue de trois paquets de données simultanés. Les champs **track_numbers** (over_track_flag) dans le champ **assemble_info** de chaque paquet de données ont la même valeur «000010». Les champs **track_ID** dans le champ **assemble_info** des premier/quatrième, deuxième/cinquième et troisième/sixième paquets de données ont respectivement les valeurs «000000», «000001» et «000010». Les champs **in_timeline_flags** des mots du champ **assemble_info** des trois premiers et des trois deuxièmes paquets de données ont respectivement les valeurs «11» et «01». Les trois premiers paquets de données ont les quatre dernières sous-trames audio dans lesquelles les intervalles de temps 8-27 sont remplis par des «0». Le champ **data_stream_number** dans le mot de **Pc** du champ **burst_preamble** de chaque paquet de données a la même valeur «000».

FIGURE 7

Exemple de la structure des paquets de données dans les modes «multiple over-track» et «multiple in-timeline»



BS.2143-07

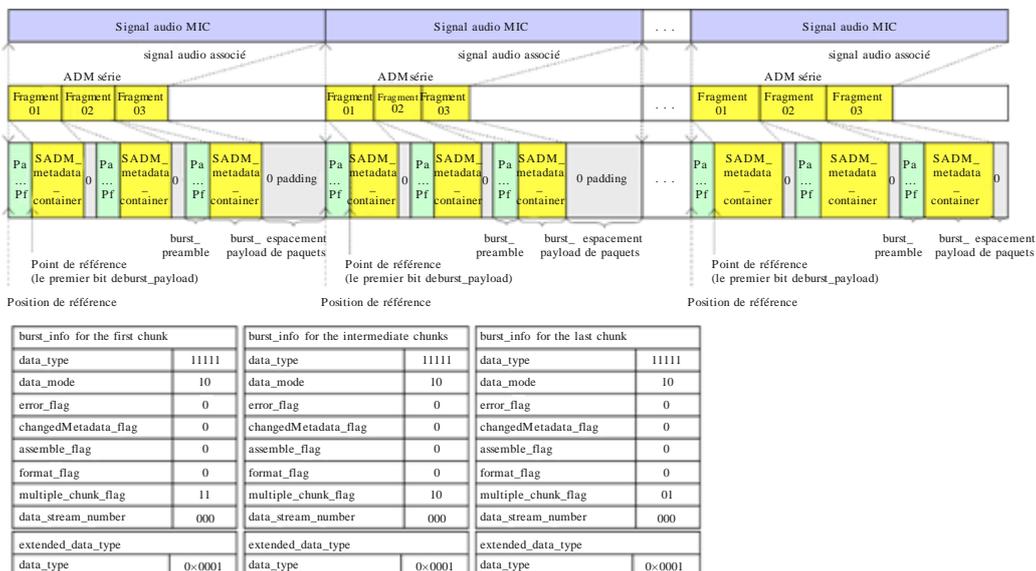
NOTE – Dans ce cas, les métadonnées S-ADM sont divisées en une paire continue de trois paquets de données simultanés.

3.6 Structure des paquets de données pour des fragments multiples

Lorsque les métadonnées S-ADM sont divisées en plusieurs fragments, plusieurs paquets de données en continu sont utilisés. La Figure 8 montre un exemple de la structure des paquets de données pour des fragments multiples. Dans ce cas, les métadonnées S-ADM sont divisées en trois fragments dans chaque trame de métadonnées ADM. Les champs **multiple_chunk_flags** dans les mots du champ **burst_info** des premier, deuxième et troisième paquets de données ont respectivement les valeurs «11», «10» et «01».

FIGURE 8

Structure de la séquence des paquets de données pour des fragments multiples



BS.2143-08

3.7 Point de référence des métadonnées ADM série

Le point de référence des métadonnées ADM série est le premier bit du champ **burst_payload** (le champ **burst_payload** pour lequel le champ **track_ID** a la valeur «000000» et le champ **in_timeline_flag** a la valeur «00» ou «11» lorsque plusieurs champs **burst_payloads** sont utilisés) qui suit le champ **burst_preamble** comme indiqué sur la Fig. 3.

3.8 Position de référence

Le champ **SADM_metadata_container** est défini comme étant dans la position de référence lorsque le point de référence du champ **burst_payload** est aligné avec le premier échantillon des signaux audio segmentés associés aux métadonnées S-ADM dans le champ **SADM_metadata_container**.

4 Types d'interfaces conformes à la méthode de transport pour S-ADM

4.1 Interface AES unique (deux sous-trames) pour les applications en temps réel

La longueur des paquets de données et le nombre de pistes pour le mode «multiple over-track» et les paquets de données en continu pour le mode «multiple in-timeline» sont limités en fonction du cas d'utilisation. Le mode «multiple over-track» nécessite des interfaces AES3 synchronisées. Cependant, plusieurs interfaces AES3 peuvent ne pas être synchronisées entre elles, échantillon par échantillon. Par conséquent, au moins une des interfaces AES3 uniques avec les paramètres des paquets de données définis dans le Tableau 17 est utilisée pour transmettre les métadonnées S-ADM pour les applications en temps réel.

TABLEAU 17

Paramètres pour une seule interface AES3 pour les applications en temps réel

Paramètres du système	Valeur		
	A1	B2	C2
Longueur des paquets de données	Jusqu'à 3 200 échantillons	Jusqu'à 3 200 échantillons	Jusqu'à 4 096 échantillons
assemble_info			
mode «multiple over-track»	N/A (1 piste)	Jusqu'à 2 pistes ⁽¹⁾	Jusqu'à 2 pistes ⁽¹⁾
mode «multiple in-timeline»	N/A ⁽²⁾	Jusqu'à 2 paquets de données en continu	Jusqu'à 3 paquets de données en continu
format_info			
type de format	N/A ⁽³⁾	N/A ⁽³⁾	N/A ⁽³⁾
Profondeur des bits (bits)	24	24	24
Latence maximale pour 48 000 Hz (ms)	66,7 ms	133,3 ms avec 2 paquets de données	256 ms avec 3 paquets de données

⁽¹⁾ Une paire de sous-trames au sein d'une seule interface AES3 est utilisée pour transporter les métadonnées S-ADM en utilisant le mode «multiple over-track».

⁽²⁾ Le mode «multiple in-timeline» n'est pas pris en charge pour les applications en temps réel, car de faibles latences sont requises.

⁽³⁾ Le type de format «0000» est utilisé dans ce cas. Les métadonnées S-ADM sont codées en UTF-8.

4.2 Interfaces AES3 multiples

Les métadonnées S-ADM sont transmises par de multiples interfaces AES3 en utilisant les paramètres des paquets de données comme indiqué dans le Tableau 18. Les nombres maximaux de mode «multiple over-track» sont 2, 4/8/16 et 64 pistes audio pour respectivement AES3, SDI et MADI. La taille typique ADM série est d'environ 100 kilo-octets au maximum. 16 pistes audio suffisent donc pour transporter le S-ADM.

TABLEAU 18
Paramètres pour plusieurs interfaces AES3

Paramètres du système		Valeur		
		Applications en temps réel		Applications non en temps réel
		A	B	D
Longueur des paquets de données		Jusqu'à 3 200 échantillons	Jusqu'à 3 200 échantillons	Jusqu'à 4 096 échantillons
assemble_info				
	mode «multiple over-track»	Jusqu'à 4 pistes (A4) Jusqu'à 8 pistes (A8) Jusqu'à 16 pistes (A16)	Jusqu'à 4 pistes (B4) Jusqu'à 8 pistes (B8) Jusqu'à 16 pistes (B16)	Jusqu'à 4 pistes (D4) Jusqu'à 8 pistes (D8) Jusqu'à 16 pistes (D16)
	mode «multiple in-timeline»	N/A ⁽¹⁾	Jusqu'à deux paquets de données en continu	Jusqu'à six paquets de données en continu
format_info				
	type de format	N/A ⁽²⁾	N/A ⁽²⁾	N/A ⁽²⁾
Profondeur des bits (bits)		24	24	24
Latence maximale pour 48 000 Hz (ms)		66,7 ms ⁽³⁾	133,3 ms avec 2 paquets de données ⁽³⁾ 66,7 ms avec un paquet de données ⁽³⁾	512 ms avec 6 paquets de données 85,3 ms avec un paquet de données

⁽¹⁾ Le mode «multiple in-timeline» n'est pas pris en charge pour les applications en temps réel, car de faibles latences sont requises.

⁽²⁾ Le type de format «0000» est utilisé dans ce cas. Les métadonnées S-ADM sont codées en UTF-8.

⁽³⁾ 66,7 et 133,3 ms correspondent respectivement à deux et quatre images vidéo du format vidéo 60i.

4.3 Interfaces AES3 multiples utilisant un outil de compression

Les métadonnées S-ADM compressées sont transmises à l'aide des paramètres du paquet de données indiqués dans le Tableau 19.

TABLEAU 19

Paramètres pour plusieurs interfaces AES3 utilisant un outil de compression

Paramètres du système		Valeur		
		Applications en temps réel		Applications non en temps réel
		A	B	D
Longueur des paquets de données		Jusqu'à 3 200 échantillons	Jusqu'à 3 200 échantillons	Jusqu'à 4 096 échantillons
assemble_info				
	mode «multiple over-track»	N/A (1 piste) (AX1) Jusqu'à 2 pistes (AX2) Jusqu'à 4 pistes (AX4)	NA (1 piste) (BX1) Jusqu'à 2 pistes (BX2) Jusqu'à 4 pistes (BX4)	NA (1 piste) (DX1) Jusqu'à 2 pistes (DX2) Jusqu'à 4 pistes (DX4)
	mode «multiple in-timeline»	N/A	Jusqu'à 2 paquets de données continus	Jusqu'à 6 paquets de données continus
format_info				
	type de format	0001 (gzip)	0001 (gzip)	0001 (gzip)
	Profondeur des bits (bits)	24	24	24
	Latence maximale pour 48 000 Hz (ms)	66,7 ms avec un paquet de données	133,3 ms avec 2 paquets de données 66,7 ms avec un paquet de données	512 ms avec 6 paquets de données 85,3 ms avec un paquet de données

4.4 Synchronisation avec les images vidéo

Les métadonnées S-ADM sont transmises à l'aide des paramètres des paquets de données indiqués dans le Tableau 20 pour une synchronisation avec les trames vidéo.

TABLEAU 20

Paramètres de synchronisation avec les images vidéo

Paramètres du système		Valeur			
		50 Hz		60 Hz	
		Jusqu'à 960 échantillons	Jusqu'à 1 920 échantillons	Jusqu'à 800 échantillons	Jusqu'à 1 600 échantillons
Longueur des paquets de données		Jusqu'à 960 échantillons	Jusqu'à 1 920 échantillons	Jusqu'à 800 échantillons	Jusqu'à 1 600 échantillons
assemble_info					
	mode «multiple over-track»	N/A (1 piste) (V50X-1) Jusqu'à 2 pistes (V50X-2) Jusqu'à 4 pistes (V50X-4)	N/A (1 piste) (V25X-1) Jusqu'à 2 pistes (V25X-2) Jusqu'à 4 pistes (V25X-4)	N/A (1 piste) (V60X-1) Jusqu'à 2 pistes (V60X-2) Jusqu'à 4 pistes (V60X-4)	N/A (1 piste) (V30X-1) Jusqu'à 2 pistes (V30X-2) Jusqu'à 4 pistes (V30X-4)
	mode «multiple in-timeline»	N/A			

TABLEAU 20 (*fin*)

Paramètres du système	Valeur			
	50 Hz		60 Hz	
Longueur des paquets de données	Jusqu'à 960 échantillons	Jusqu'à 1 920 échantillons	Jusqu'à 800 échantillons	Jusqu'à 1 600 échantillons
format_info				
type de format	0001 (gzip)			
Profondeur des bits (bits)	24			
Latence maximale pour 48 000 Hz (ms)	20 ms avec un paquet de données	40 ms avec un paquet de données	16,67 ms avec un paquet de données	33,33 ms avec un paquet de données

4.5 Attribution des canaux à la méthode de transport pour S-ADM

Les métadonnées S-ADM sont attribuées aux canaux des interfaces basées sur AES3, comme indiqué dans le Tableau 21.

TABLEAU 21

Attribution des canaux

Nombre de pistes pour transmettre les données S-ADM	Attribution des canaux		
	AES3	SDI	MADI
1	2	16	64
2	1 à 2	15 à 16	63 à 64
4	N/A	13 à 16	61 à 64
8	N/A	9 à 16	57 à 64
16	N/A	1 à 16	49 à 64

Annexe 3

Bibliographie

- [1] AES3-2009 (r2019), Norme AES pour l'ingénierie audio numérique – Format de transmission série pour les données audio numériques à représentation linéaire à deux canaux
- [2] SMPTE ST 337:2015, Format pour les signaux audio non-MIC et les données dans une interface audio numérique série AES3

- [3] SMPTE ST 338:2016, Format pour les signaux audio non-MIC et les données en AES3 – Types de données, Amendement 1:2019 à la SMPTE ST 338:2016
 - [4] SMPTE ST 2116:2019, Format pour les signaux audio non-MIC et les données en AES3 – Transport de métadonnées ADM (modèle de définition audio) série
 - [5] Recommandation UIT-R BS.2125 (01/2019) – Représentation série pour le modèle de définition audio, <https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.2125/en>
 - [6] Groupe de travail sur l'ingénierie Internet (IETF, *Internet Engineering Task Force*) RFC 1952 (05/1996), Spécification du format de fichier GZIP version 4.3 [en ligne, consultée le 2018-12-04], <http://tools.ietf.org/html/rfc1952>
-