

RECOMMANDATION UIT-R BO.1408*

**SYSTÈME DE TRANSMISSION POUR SERVICES MULTIMÉDIAS DE HAUTE TECHNOLOGIE
FOURNIS PAR LA RADIODIFFUSION NUMÉRIQUE À INTÉGRATION DE SERVICES
DANS UN CANAL DE RADIODIFFUSION PAR SATELLITE**

(Question UIT-R 101/11)

(1999)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que divers types d'information – tels que vidéo, y compris la télévision à haute définition (TVHD) et à définition classique (TVDC), audio, textes, graphiques, données - sont fournis au public par l'intermédiaire des canaux de radiodiffusion;
- b) que la technique numérique permet une intégration efficace et souple de l'information et des services;
- c) que les techniques de radiodiffusion numérique à intégration des services (RDNIS) peuvent être utilisées pour mettre en œuvre des services qui tirent parti de tous les avantages de la radiodiffusion numérique;
- d) que le flux de transport MPEG (MPEG-TS, *transport stream*) est largement utilisé comme conteneur d'information à codage numérique;
- e) qu'il y a grand avantage à réaliser l'intégration données/services sur la base du flux de transport, qui oblige le système de transmission à traiter plusieurs flux MPEG-TS;
- f) que, grâce aux progrès récents de la technologie numérique, il est possible d'utiliser un système de modulation très économique en largeur de bande, comme la MDP-8, en plus de la MDP-4 et de la MDP-2;
- g) que la qualité de service et la disponibilité de service requises diffèrent selon les applications;
- h) que l'affaiblissement par la pluie qui varie entre les zones climatiques, doit être pris en compte dans les systèmes de radiodiffusion par satellite;
- j) qu'il est souhaitable de disposer d'un système de transmission RDNIS commun caractérisé par une grande souplesse d'utilisation et une grande efficacité d'utilisation du spectre et qui réponde à toutes les exigences en matière d'application, de qualité et d'affaiblissement par la pluie, plutôt que d'introduire une multiplicité de systèmes conçus spécifiquement pour des applications particulières;
- k) que la Recommandation UIT-R BO.1294 préconise des caractéristiques fonctionnelles communes pour le récepteur-décodeur intégré (IRD, *integrated receiver-decoder*) utilisé en radiodiffusion numérique multiprogramme par satellite,

* Du fait qu'il s'applique notamment à la radiodiffusion multiprogramme par satellite mentionnée à l'alinéa k) du *considérant*, le système décrit dans la présente Recommandation, par certains de ses éléments, est à considérer comme constituant une variante par rapport aux systèmes analogues actuellement traités dans les Recommandations UIT-R BO.1211 et UIT-R BO.1294. Il convient donc de procéder à une évaluation de ces systèmes, conformément au § 6.1.2 de la Résolution UIT-R 1. Aucune Recommandation UIT-R sur la question ne propose actuellement une telle évaluation.

Un Rapporteur spécial a néanmoins été désigné pour évaluer les éléments communs et les différences entre les systèmes dont traite la présente Recommandation et les autres Recommandations connexes, à savoir les Recommandations UIT-R BO.1211 et UIT-R BO.1294. Les résultats de cette évaluation seront incorporés dans les projets de révision de ces Recommandations ou dans un projet de nouvelle Recommandation distinct qui doivent être soumis à la Commission d'études 11 des radiocommunications avant fin 1999.

notant

que les systèmes multimédias de pointe pour les services du type RDNIS sont caractérisés par une très grande souplesse en ce qui concerne:

- a) le traitement de plusieurs flux MPEG-TS;
- b) la possibilité d'utiliser un multiplex temporel des schémas de modulation appropriés qui conviennent bien à des applications dans lesquelles les transmissions ont des degrés de robustesse variés, par exemple MDP-8, MDP-4 et MDP-2;
- c) l'information du démodulateur sur la configuration de la transmission et du multiplexage, au moyen de signaux de commande particulièrement robustes;
- d) la possibilité d'utiliser, pour le système spécifié dans la Recommandation UIT-R BO.1294, les circuits intégrés mis au point pour les récepteurs de la radiodiffusion RDNIS par satellite (RDNIS-S), étant donné que toutes les techniques composantes mises en œuvre en RDNIS-S sont aussi utilisées dans les systèmes définis par la présente Recommandation,

recommande

- 1 que le système de transmission décrit dans l'Annexe 1 soit utilisé dans les systèmes de RDNIS-S.

ANNEXE 1

Spécifications générales pour un système de transmission générique de RDNIS-S

Introduction

La RDNIS est un nouveau type de radiodiffusion destiné aux services multimédias. Elle intègre systématiquement plusieurs catégories d'informations numériques dont chacune peut inclure la vidéo multiprogramme (allant de la TV à faible définition (TVFD) à la TVHD), l'audio multiprogramme, les graphiques, les textes, etc. La plupart des informations numériques sont codées à présent pour être mises sous la forme du flux de transport MPEG-TS et diffusées dans le monde entier. Il est hautement souhaitable d'intégrer les informations numériques sur la base du MPEG-TS.

Etant donné que la RDNIS renferme une multiplicité de services, le système doit répondre à des besoins extrêmement divers qui peuvent différer d'un service à un autre. Par exemple, on a besoin d'une grande capacité de transmission pour le service de TVHD, tandis qu'une grande disponibilité de service (ou fiabilité de transmission) devra être réalisée pour des services de données tels que la fourniture indispensable de l'accès conditionnel, du téléchargement de logiciels, etc. Pour pouvoir intégrer ces signaux répondant à des besoins de service différents, il est souhaitable que les systèmes de transmission mettent à disposition une série de schémas de modulation et/ou de protection contre les erreurs pouvant être sélectionnés et combinés de manière souple pour répondre à toutes les exigences des services intégrés. Cela s'applique tout spécialement aux systèmes RDNIS-S fonctionnant dans la bande 11-12 GHz attribuée au service de radiodiffusion par satellite (SRS), dans des pays appartenant aux zones climatiques caractérisées par un grand affaiblissement dû à la pluie.

Les systèmes RDNIS-S se caractérisent par:

- l'interfaçage MPEG: les signaux à l'entrée du codeur et les signaux de sortie du décodeur sont conformes aux spécifications MPEG-TS;
- la possibilité d'intégrer les signaux sur la base de MPEG-TS: il est possible de multiplexer l'information numérique sans décoder/recoder les flux de signaux d'entrée;
- une utilisation souple des techniques de modulation: les informations numériques peuvent être transmises simultanément avec les techniques de modulation appropriées pour chaque information intégrée dans le flux de signaux RDNIS;
- l'utilisation d'un signal de commande qui renseigne le récepteur sur la configuration du multiplexage et de la modulation.

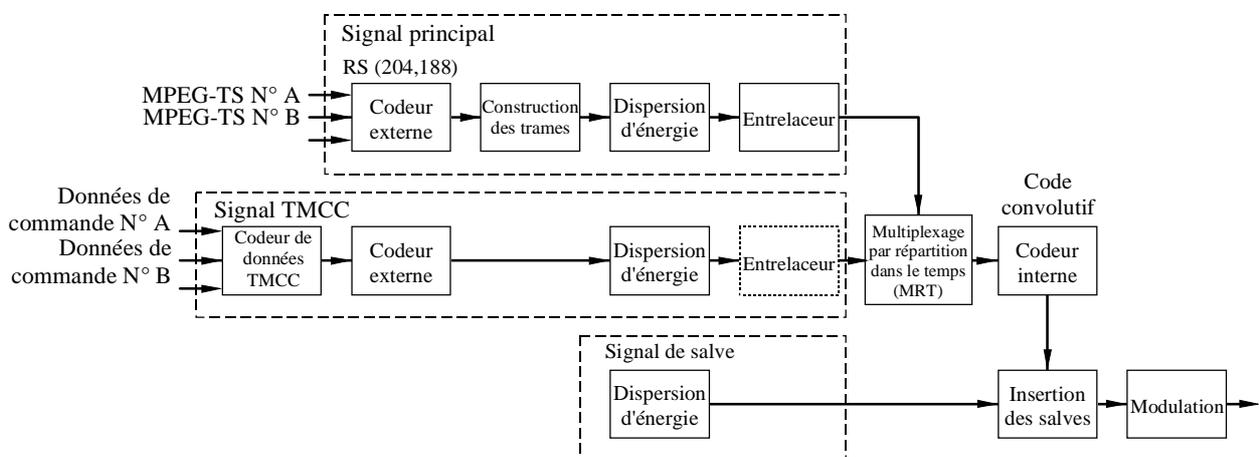
On trouvera ci-après la description du système générique destiné à la radiodiffusion RDNIS-S.

1 Définition des blocs fonctionnels

La Fig. 1 représente une configuration générale du système. Celui-ci traite trois types de signaux pour transporter une multiplicité de flux MPEG-TS avec divers schémas de modulation et pour assurer une réception stable et aisée. Ces trois signaux seront les suivants:

- le signal principal, composé de plusieurs flux MPEG-TS et transportant l'information de programme;
- le signal de commande de configuration de transmission et multiplexage (TMCC, *transmission and multiplexing configuration control*), qui renseigne le récepteur sur les schémas de modulation appliqués, l'identification des flux MPEG-TS, etc.; et
- le signal de salve qui assure une récupération stable de la porteuse par le récepteur, quelles que soient les conditions de réception (notamment en présence de faibles rapports porteuse/bruit (C/N)).

FIGURE 1
Configuration générale du système



1408-01

Pour traiter une multiplicité de flux MPEG-TS et pour permettre l'utilisation simultanée de plusieurs schémas de modulation, une structure de trames est appliquée au signal principal. Les flux MPEG-TS à l'entrée sont combinés pour former un flux unique, qui est soumis aux traitements habituels des signaux dans les systèmes à satellites (dispersion d'énergie, entrelacement et codage interne). Les données de commande qui désignent les schémas de modulation, etc., pour chaque paquet TS sont codées et introduites dans le signal TMCC, auquel on applique une série de codages de canaux. Dans la plupart des cas, une partie de ce codage peut être partagée avec le signal principal. Le signal de salve est soumis à l'opération de dispersion d'énergie, afin d'éviter la formation de spectres de lignes dans le signal de transmission. Cette opération est réalisée par modulation de la salve à l'aide d'une séquence aléatoire. De ce fait, le signal de salve peut transporter l'information en la modulant par des données d'information au lieu de la moduler par une séquence aléatoire. Dans ce cas, il peut être nécessaire d'appliquer un codage de canaux supplémentaire. Les trois signaux sont multiplexés par répartition dans le temps et modulés par les schémas de modulation désignés.

2 Code externe pour le signal principal

Le code Reed-Solomon (RS) (204,188) abrégé, dérivé du code d'origine RS (255,239), est appliqué à chaque paquet MPEG-TS d'entrée (188 octets) pour générer le paquet protégé contre les erreurs (204 octets). Le codage RS est appliqué également au premier octet du paquet (mot de synchronisation MPEG).

- Polynôme générateur du code: $g(x) = (x + \lambda^0)(x + \lambda^1)(x + \lambda^2)(x + \lambda^{15})$, avec $\lambda = 02_h$
- Polynôme générateur de champ: $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$.

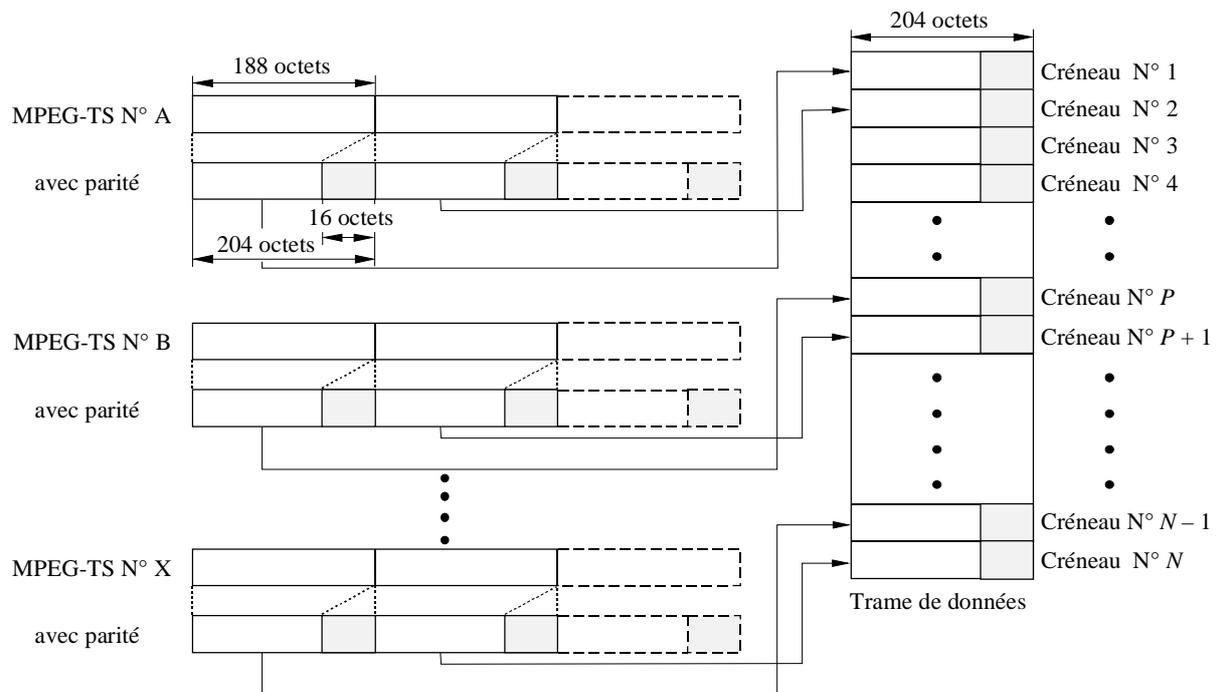
On peut réaliser le code RS abrégé en ajoutant 51 octets, tous unis à zéro, devant les octets d'information à l'entrée d'un codeur RS (255,239). Ces octets nuls seront éliminés après l'opération de codage RS.

3 Combineur de transport

3.1 Structure de trames

Pour combiner les TS, il faut affecter les paquets de 204 octets protégés contre les erreurs à des «créneaux» ménagés dans une «trame de données» (voir la Fig. 2). Le créneau indique la position absolue dans la trame de données et il sert d'unité pour désigner le schéma de modulation et l'identification du flux MPEG-TS. La taille d'un créneau (nombre d'octets dans le créneau) doit être de 204 octets, ce qui donne une correspondance biunivoque entre les créneaux et les paquets protégés contre les erreurs. La trame de données se compose de N créneaux.

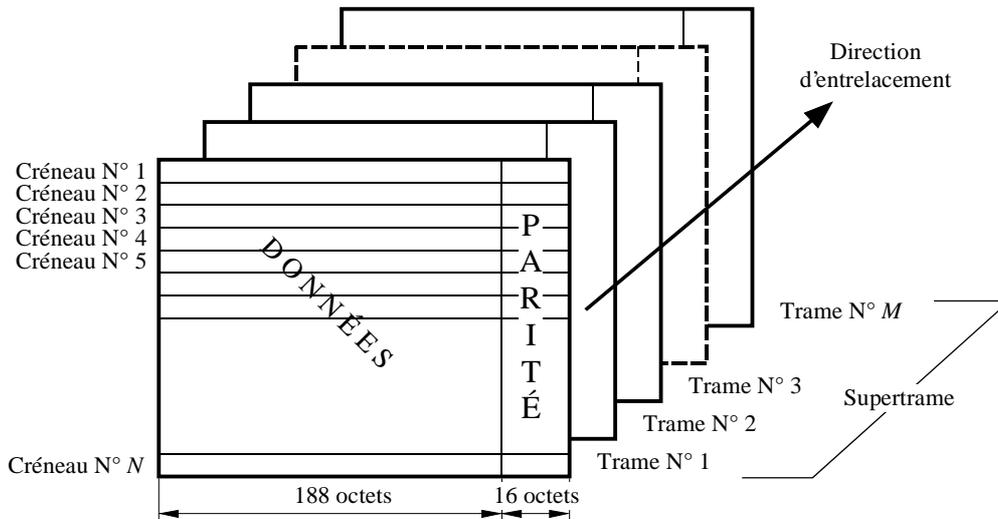
FIGURE 2
Structure de trames



1408-02

On introduit une supertrame pour faciliter l'opération d'entrelacement. La Fig. 3 montre la structure de cette supertrame, qui se compose de M trames (M désignant le niveau d'entrelacement).

FIGURE 3
Structure de supertrame



1408-03

3.2 Assignation des créneaux

L'efficacité d'utilisation du spectre ou le nombre de bits transmissibles par symbole varie selon la combinaison adoptée pour la modulation et le débit du code interne. Par voie de conséquence, le nombre de paquets transmis dépend de cette combinaison. Par ailleurs, le nombre des symboles devant être modulés par un schéma de modulation donné doit être un nombre entier; cela étant, on a l'équation (1) pour exprimer la relation entre le nombre des paquets transmis et le nombre des symboles pour la modulation considérée:

$$I_k = \frac{8 B P_k}{E_k} \quad (1)$$

où:

- I_k, P_k : entiers
- I_k : nombre de symboles transmis avec la k^e combinaison du schéma de modulation et du débit de code interne
- P_k : nombre de paquets transmis avec la k^e combinaison du schéma de modulation et du débit de code interne
- E_k : efficacité d'utilisation du spectre pour la k^e combinaison du schéma de modulation et du débit de code interne
- B : nombre d'octets par paquet (= 204).

Le nombre de symboles par trame de données, I_D est donné par l'équation (2):

$$I_D = \sum_k I_k \quad (2)$$

Le nombre de paquets transmis pendant la durée d'une trame est maximum quand tous les paquets sont modulés par la combinaison modulation-code ayant la plus grande efficacité d'utilisation du spectre parmi toutes les combinaisons possibles dans le système. Par conséquent, on obtient le nombre de créneaux disponibles dans le système en remplaçant la formule (1) par une expression contenant I_D et E_{max} :

$$N = \frac{I_D E_{max}}{8 B} \quad (3)$$

où N désigne le nombre de créneaux disponibles dans le système et E_{max} , la plus grande efficacité d'utilisation du spectre parmi les combinaisons modulation-code fournies par le système.

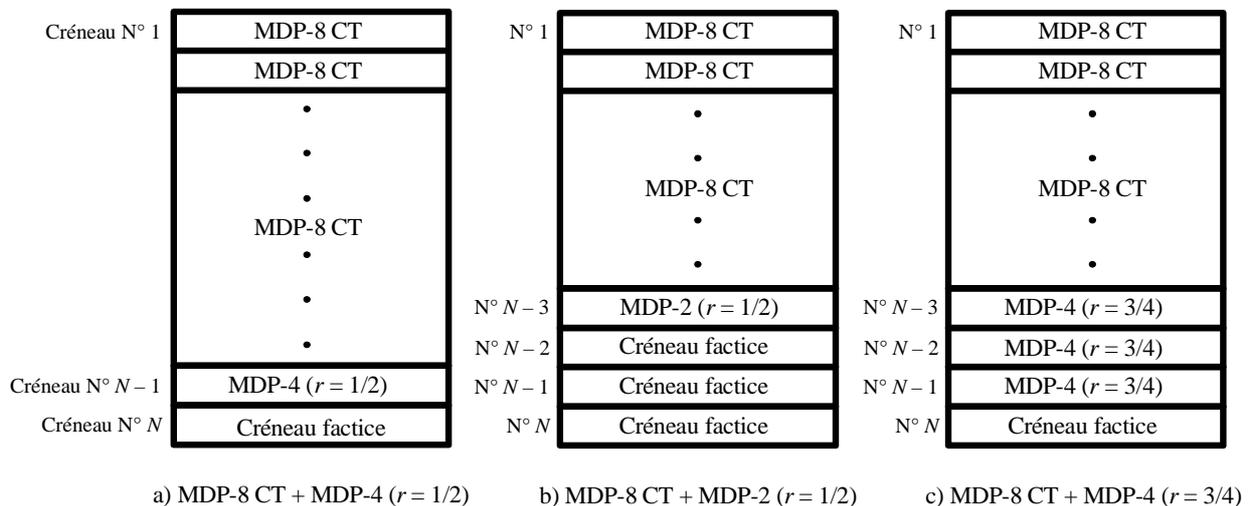
Lorsqu'on utilise des combinaisons modulation-codage n'ayant pas l'efficacité d'utilisation du spectre maximum, le nombre des paquets transmis devient inférieur au nombre des créneaux fournis par le système. Dans ce cas, certains des créneaux doivent être remplis de données factices afin que la taille de la trame (nombre de créneaux d'une trame) demeure constante. On a alors ce qu'on appelle des «créneaux factices». Le nombre des créneaux factices présents dans une trame, S_d , est donné par l'équation (4):

$$S_d = N - \sum_k P_k \quad (4)$$

Il peut arriver que l'on utilise simultanément plusieurs schémas de modulation: certains créneaux d'une trame sont modulés par une combinaison modulation-code donnée et les autres par des combinaisons différentes. Dans ce cas, les données seront modulées à partir du schéma ayant la plus grande efficacité d'utilisation du spectre jusqu'au schéma ayant la petite efficacité, parmi les combinaisons effectivement utilisées. Autrement dit, les paquets transmis avec les combinaisons les plus efficaces sont assignés, à l'intérieur d'une trame, aux créneaux portant les plus petits numéros. Cet ordre de modulation donne le taux d'erreur binaire (TEB) minimum après décodage du code convolutif en cas de réception avec un faible rapport C/N .

La Fig. 4 montre quelques exemples d'assignation des créneaux dans le cas de l'utilisation des modulations MDP-4 ($r = 1/2$, r étant le débit de code), MDP-2 ($r = 1/2$) et MDP-4 ($r = 3/4$), respectivement avec la MDP-8 avec code en treillis (CT) MDP-8 CT ($r = 2/3$). Dans ces exemples, on considère que la MDP-8 CT ($r = 2/3$) est la combinaison ayant la plus grande efficacité spectrale dans le système. Comme l'efficacité spectrale de la MDP-4 ($r = 1/2$) est deux fois plus petite que celle de la MDP-8 CT, on insère un créneau factice (Fig. 4 a)); comme l'efficacité spectrale de MDP-2 ($r = 1/2$) est le quart de celle de la MDP-8 CT, on insère trois créneaux factices (Fig. 4 b)); enfin, comme l'efficacité de la MDP-4 ($r = 3/4$) est égale aux 3/4 de celle de la MDP-8 CT, un créneau factice est inséré pour trois créneaux actifs (Fig. 4 c)).

FIGURE 4
Exemples d'assignation des créneaux

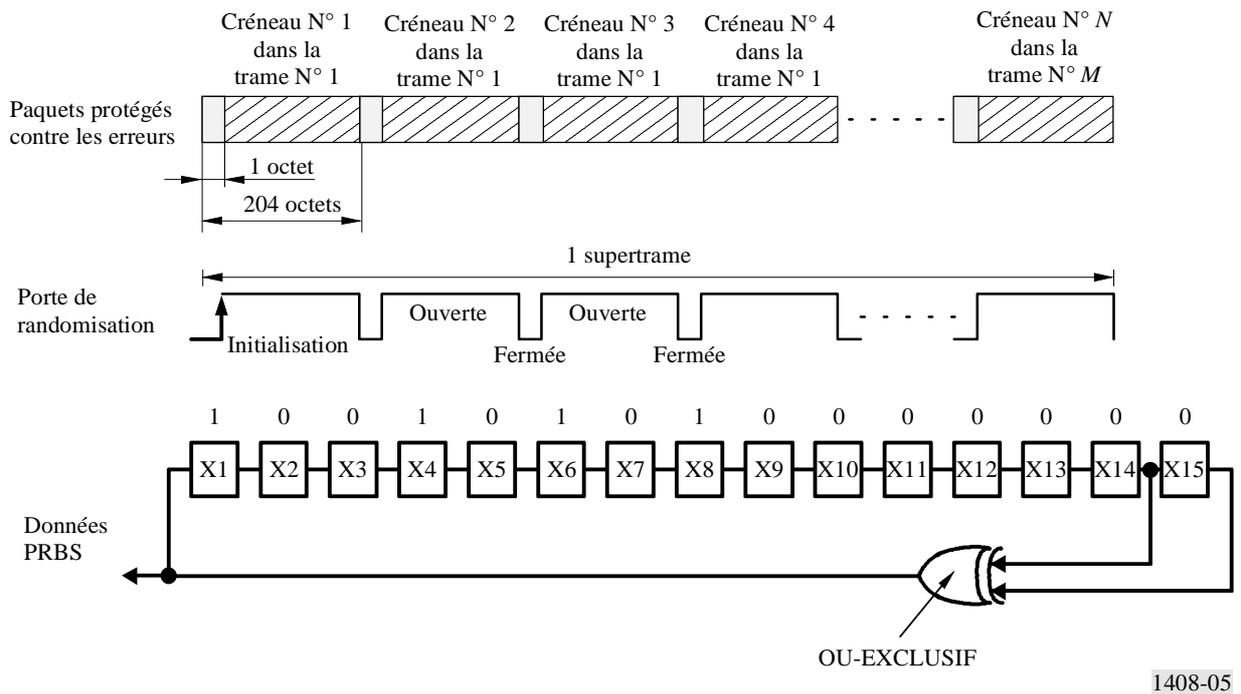


1408-04

4 Randomisation pour la dispersion d'énergie du signal principal

Pour la conformité aux dispositions du Règlement des radiocommunications de l'UIT, et pour assurer des transitions binaires adéquates, les données de la trame sont randomisées selon la configuration présentée dans la Fig. 5.

FIGURE 5
Schéma fonctionnel d'un randomiseur



1408-05

Le polynôme du générateur de séquences binaires pseudo aléatoires (PRBS, *pseudo random binary sequence*) est le suivant:

$$1 + x^{14} + x^{15}$$

Le chargement de la séquence «100101010000000» dans les registres PRBS, comme indiqué dans la Fig. 5, commence au deuxième octet de chaque supertrame. Le premier bit de la sortie du générateur PRBS est appliqué au premier bit (bit de plus fort poids, MSB, *most significant bit*) du deuxième octet du créneau N° 1 dans la trame N° 1. La séquence PRBS est ajoutée aux données, sauf au premier octet (octet de synchronisation MPEG) de chaque créneau.

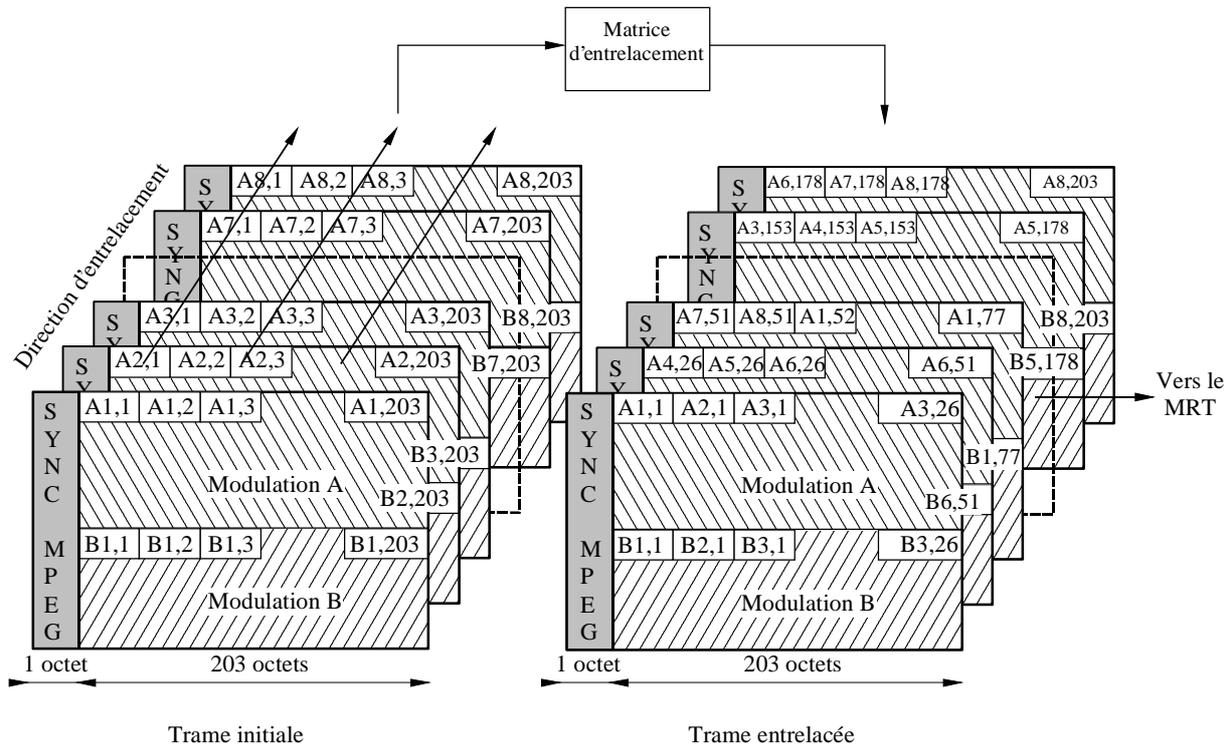
5 Entrelacement pour le signal principal

Les données randomisées subissent un entrelacement de blocs inter-trames, de niveau M , illustré par la Fig. 6. L'assignation des créneaux pour chaque trame est le même dans toute la supertrame; de ce fait, l'entrelacement porte seulement sur les données transmises avec la même combinaison modulation-code. L'entrelacement n'est pas appliqué au premier octet (octet de synchronisation MPEG) de chaque créneau.

La Fig. 6 montre un exemple d'entrelacement de niveau 8 (supertrame composée de 8 trames), avec utilisation de deux combinaisons modulation-code différentes. Les données de la trame initiale sont lues dans la direction de l'intertrame, c'est-à-dire dans l'ordre $A_1, 1, A_2, 1, A_3, 1, \dots$, où A_i, j représente les données de l'octet du j^{e} créneau dans la i^{e} trame, pour former la trame entrelacée. Les données de la trame entrelacée sont lues dans la direction des octets (horizontalement) et injectées au multiplexeur MRT.

Il est inutile de transmettre le premier octet de chaque paquet (le mot de synchronisation MPEG de 47_h), parce que les références temporelles (mots de synchronisation de trames) sont transportées par le signal TMCC. Les mots de sync MPEG omis doivent être récupérés dans le récepteur, pour permettre un codage externe convenable. A noter que, dans ce cas, le terme B dans les équations (1) et (3) doit prendre la valeur 203 pour que ces équations soient exactes.

FIGURE 6
Schéma conceptuel de l'entrelacement



1408-06

6 Signal TMCC

Le signal TMCC véhicule l'information suivante:

- combinaison modulation-code pour chaque créneau;
- identification MPEG-TS pour chaque créneau; et
- autres informations (par exemple, ordre de changement, bit de fanion pour la radiodiffusion d'alertes dans les cas d'urgence).

L'information TMCC est émise avant le signal principal, la raison étant que ce signal ne peut pas être démodulé en l'absence de l'information TMCC. L'intervalle de temps minimum pour le renouvellement de cette information est égal à la durée d'une supertrame. Les récepteurs décodent principalement l'information TMCC pendant chaque supertrame. Le signal TMCC transporte des références temporelles en plus de l'information mentionnée plus haut.

6.1 Codage de l'information TMCC

L'information transportée par le signal TMCC est formatée comme indiqué dans la Fig. 7. On trouvera ci-après des indications détaillées pour chaque élément d'information.

FIGURE 7
Format de l'information TMCC

Ordre de changement	Combinaison modulation-code pour chaque créneau	Identification relative des flux TS (TS ID) pour chaque créneau	Table de correspondance entre TS ID relative et MPEG-TS_ID	Autres informations
---------------------	---	---	--	---------------------

1408-07

6.1.1 Ordre de changement

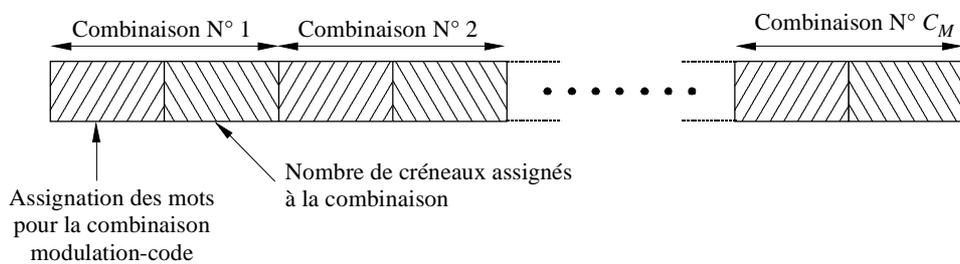
L'ordre de changement est un nombre de 5 bits qui indique le renouvellement de l'information TMCC. Il est incrémenté à chaque renouvellement de cette information. Il se peut que le récepteur détecte seulement les bits et décode l'information TMCC uniquement au moment du changement des bits. L'utilisation de l'ordre de changement est définie par le système à titre d'option.

6.1.2 Information de combinaison modulation-code

Il s'agit ici des combinaisons entre le schéma de modulation et le débit du code convolutif pour chaque créneau. Pour réduire le nombre de bits de transmission nécessaires à cette information, celle-ci est codée pour donner le format représenté à la Fig. 8. Le nombre maximum de combinaisons modulation-code, C_M , utilisées simultanément est défini par le système, compte tenu des exigences du service. Le Tableau 1 définit l'assignation des mots pour les combinaisons dont il s'agit. Lorsque le nombre des combinaisons modulation-code utilisées est inférieur au nombre maximum spécifié par le système, le mot «1111» est appliqué aux combinaisons restantes et le nombre de créneaux assignés est égal à zéro.

FIGURE 8

Format de codage pour l'information de combinaison modulation-code



Note 1 - L'ordre des combinaisons est celui défini au § 3.2, à savoir en commençant par la combinaison ayant la plus grande efficacité d'utilisation du spectre et en terminant par celle qui a la plus petite efficacité.

1408-08

TABLEAU 1

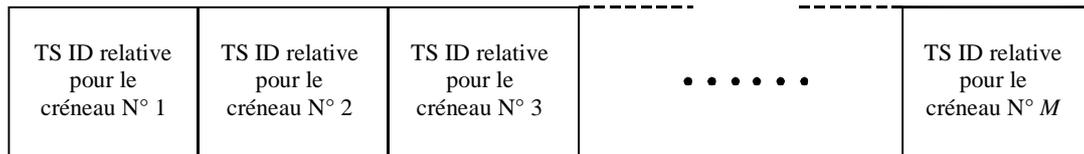
Assignation des mots pour les combinaisons modulation-code

Mot	Combinaison modulation-code
0000	Réservé
0001	MDP-2 ($r = 1/2$)
0010	MDP-4 ($r = 1/2$)
0011	MDP-4 ($r = 2/3$)
0100	MDP-4 ($r = 3/4$)
0101	MDP-4 ($r = 5/6$)
0110	MDP-4 ($r = 7/8$)
0111	MDP-8 CT ($r = 2/3$)
1000-1110	Réservé
1111	Factice

6.1.3 Identification des flux TS

Au lieu de transmettre MPEG-TS_ID (16 bits) pour chaque créneau, on utilise une combinaison de TS ID relatives qui identifient uniquement les TS transmis ainsi que la table de correspondance entre ces deux types de ID. On obtient ainsi une diminution du nombre des bits de transmission. Les TS ID relatives pour chaque créneau sont transmis séquentiellement à partir du créneau N° 1. Le nombre maximum de flux TS transmis simultanément, T_M , est défini par le système.

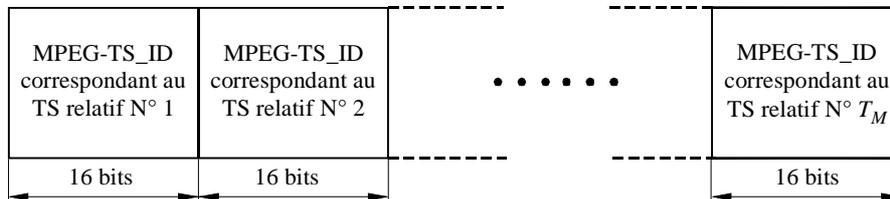
FIGURE 9
Disposition des données de l'information TS ID relative



1408-09

La table de correspondance se compose d'une série de nombres de 16 bits qui représentent chaque MPEG-TS_ID. Ces nombres s'échelonnent de TS ID N° 0 jusqu'à TS ID N° T_M .

FIGURE 10
Disposition des données de la table de correspondance



1408-10

6.1.4 Autres informations

Le format de codage pour les autres informations est défini comme il convient par le système.

6.2 Codage externe pour l'information TMCC

L'information TMCC étant indispensable pour la démodulation dans les récepteurs, le signal TMCC doit être protégé par une correction d'erreur directe (CED) de niveau plus élevé que celui de la CED appliquée au signal principal. Pour la même raison, le signal TMCC est transmis avec la combinaison modulation-code qui résiste le mieux au bruit de transmission.

6.3 Références temporelles

On utilise deux types de référence temporelle: le mot de synchronisation de trame, qui indique le début de chaque trame, et les mots d'identification de trame, qui identifient la première trame (trame N°1). Ces mots sont transmis par chaque trame.

Après division des données TMCC à codage externe en M blocs (où M est le nombre de trames contenues dans une supertrame), les mots de synchronisation sont insérés dans chaque bloc, comme le montre la Fig. 11. Le mot de synchronisation W1 est inséré au début de chaque bloc. Le mot W2 est inséré à la fin du bloc qui est transmis dans la

trame N° 1, et le mot W3 à la fin des autres blocs. Les mots W1, W2 et W3 se composent de 2 octets. On a: $W1 = 1B95_h$, $W2 = A340_h$ et $W3 = 5CBF_h$ (on obtient W3 en inversant les bits de W2).

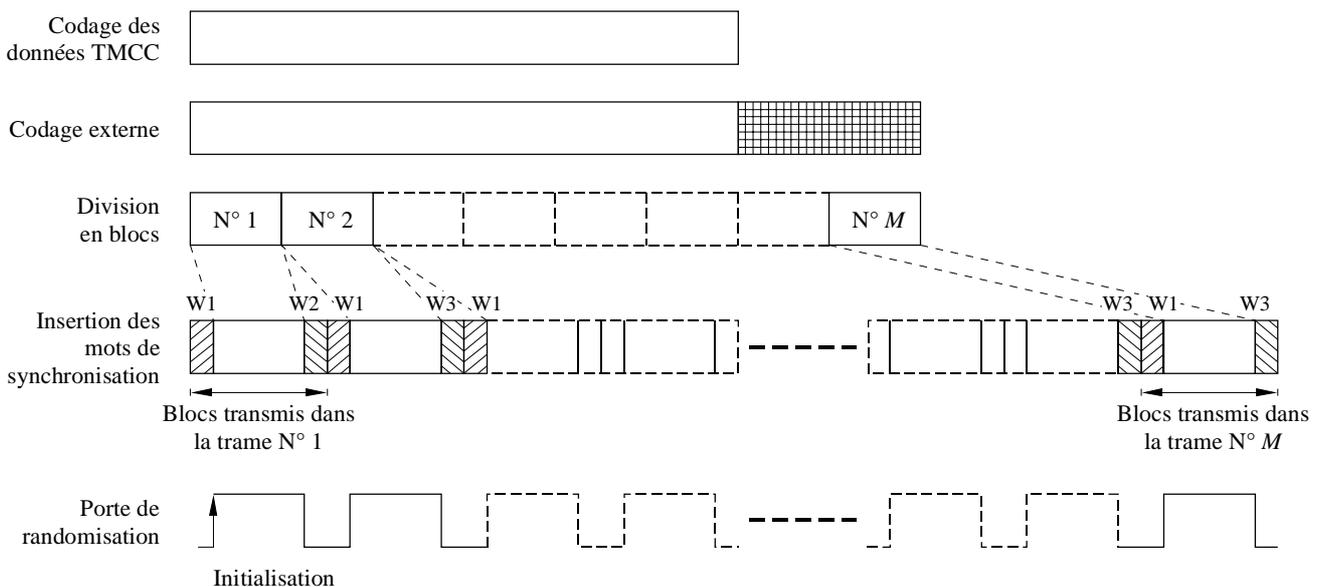
A noter que les 6 premiers bits des mots seront modifiés par l'information utile (contenu du signal principal et/ou du signal TMCC) sous l'effet du codage convolutif (longueur de contrainte égale à 7) appliqué au signal TMCC dans l'opération suivante du processus. En d'autres termes, les six premiers bits du mot sont utilisés comme bits de terminaison du code convolutif. En conséquence, la séquence de bits caractéristique du mot de synchronisation se compose de 10 bits pris sur les 16 bits du mot initial.

6.4 Codage des canaux pour le signal TMCC

Le signal TMCC doit être randomisé pour l'obtention de la dispersion d'énergie. Le polynôme affecté au générateur PRBS est le même que celui du signal principal. La séquence pseudo aléatoire est déclenchée à l'instant correspondant au troisième octet (immédiatement après le mot de synchronisation) du premier bloc. Le premier bit de sortie du générateur est appliqué au premier bit (c'est à-dire le MSB) du troisième octet du premier bloc. La séquence pseudo aléatoire est ajoutée aux données, sauf aux mots de la référence temporelle.

Il n'est pas indispensable d'appliquer l'entrelacement à un signal TMCC composé d'un petit nombre de bits, parce que l'effet de l'entrelacement est limité. Si nécessaire, on spécifiera un processus d'entrelacement approprié.

FIGURE 11
Production du signal TMCC



1408-11

7 Signal de salve

Pour maintenir un intervalle constant entre les salves successives à l'intérieur d'une trame (voir la Fig. 12), un signal de salve est inséré avec une périodicité de 204 symboles du signal principal à codage convolutif. A noter que la salve est insérée avec une périodicité de 203 symboles lorsque les mots de synchronisation MPEG ne sont pas transmis (voir le § 5). La durée de la salve correspond à 4 symboles. Les données destinées à la salve, avant la modulation, sont randomisées à l'aide d'une séquence de randomisation appropriée pour la dispersion d'énergie. Le schéma de modulation appliqué au signal de salve est le même que celui du signal TMCC (schéma résistant le mieux au bruit de transmission).

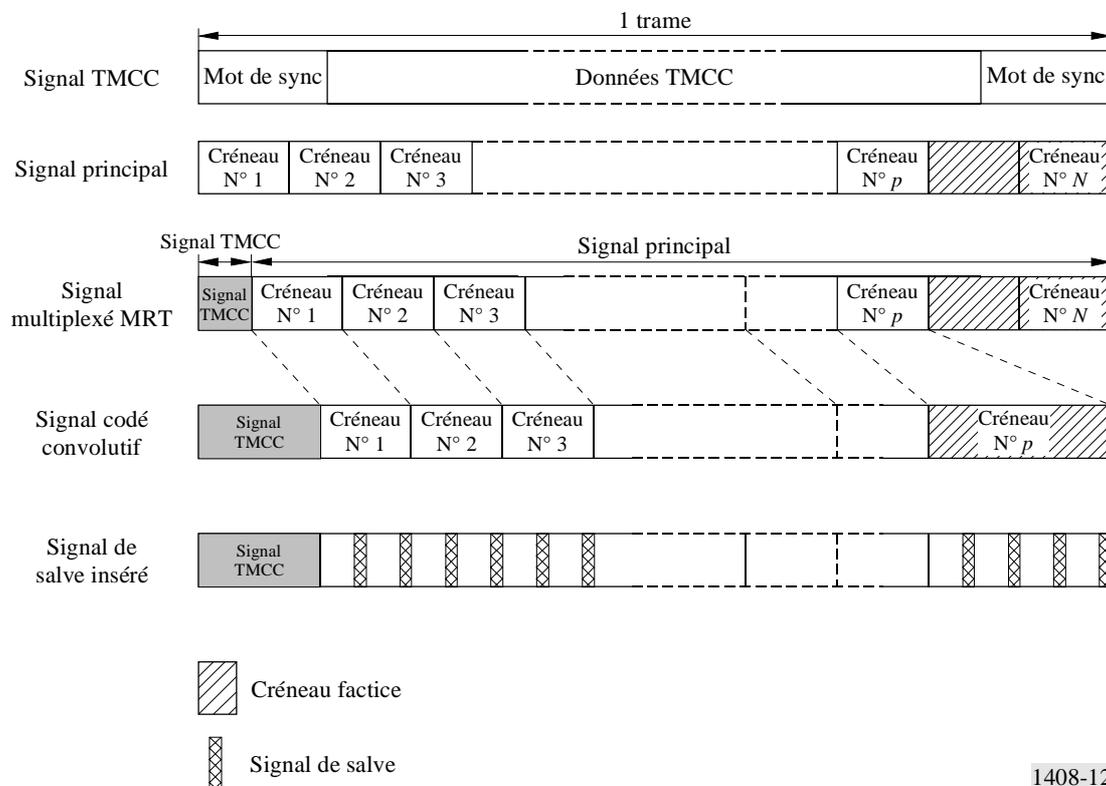
Dans les cas où la récupération de la porteuse, dans le récepteur, s'effectue exclusivement à partir des signaux de salve, la porteuse récupérée ne se verrouille pas toujours sur la fréquence voulue. Il est possible de résoudre ce problème (erreur de verrouillage de la boucle à verrouillage de phase, (PLL, *phase-locked loop*)), en utilisant le signal de transmission pendant la durée du signal TMCC, en plus du signal de salve (en cas d'erreur de verrouillage de la boucle PLL, le nombre de cycles de la porteuse récupérée pendant la durée de TMCC ne sera pas égal au nombre correct; il est possible, dès lors, de commander la PLL à l'aide de la différence entre les nombres de cycles).

8 Multiplex de répartition dans le temps

Le signal principal et le signal TMCC sont soumis à un multiplexage MRT, à chaque trame. En fonction des combinaisons modulation-code choisies pour chaque créneau, la base de temps du signal multiplexé se dilate/se comprime partiellement (sur la base des créneaux), sous l'effet du codage convolutif. Du fait de cette opération, les créneaux factices (s'ils sont présents dans le signal principal) sont exclus du signal de transmission. La Fig. 12 illustre les processus théoriques d'intégration du signal principal, du signal TMCC et du signal de salve pour la formation du signal de transmission.

FIGURE 12

Intégration des signaux principal, TMCC et salve



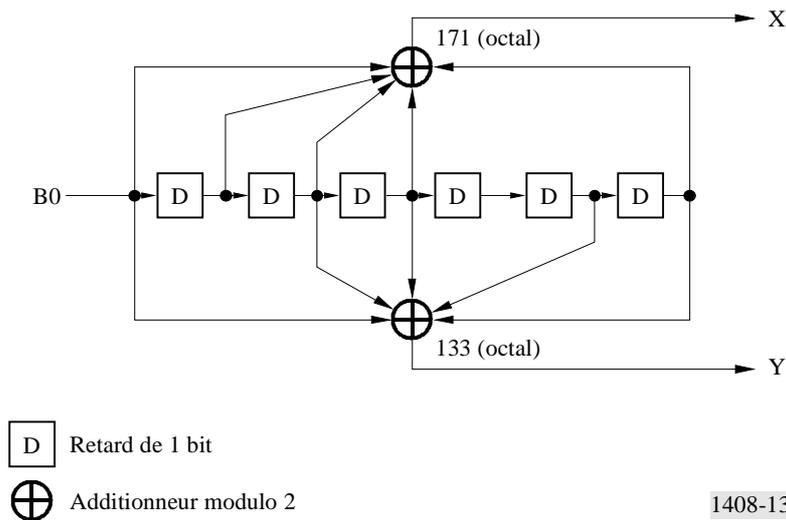
9 Codage interne, structuration des symboles et modulation

Le système admet une variété de schémas de modulation ainsi qu'une gamme de codes convolutifs discontinus basés sur un code convolutif au débit 1/2 avec longueur de contrainte égale à 7. Le polynôme générateur est 171 (octal) et 133 (octal) (voir la Fig. 13). Le système peut permettre l'utilisation des modulations suivantes: MDP-8 CT, MDP-4 et MDP-2. Dans le fonctionnement avec ces schémas de modulation, le système admet un débit de code de 2/3 pour la MDP-8 CT, les débits 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 et 7/8 pour la MDP-4, et 1/2 pour la MDP-2.

La Fig. 13 représente le codeur convolutif et la Fig. 14, les circuits de codage discontinu et de structuration des symboles. Les codes discontinus sont ceux définis dans le Tableau 2 et la Fig. 15 illustre la structuration des symboles. En MDP-2, les deux bits codés (P0 et P1) sont transmis dans l'ordre P1 puis P0. Le bit d'entrée B1 est utilisé uniquement en MDP-8 TC; B1 et B0 sont deux bits successifs d'un octet de données (B1 représente le bit d'ordre élevé).

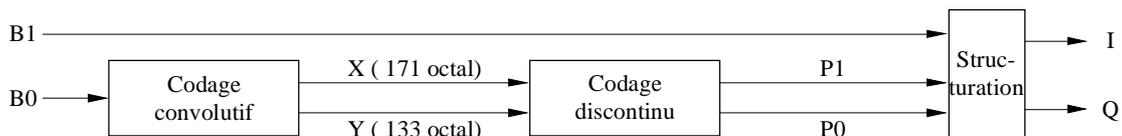
Pour des modulations et des codes convolutifs autres que ceux indiqués ci-dessus, on appliquera les spécifications idoines.

FIGURE 13
Codeur convolutif



1408-13

FIGURE 14
Circuits de codage interne et de structuration des symboles



1408-14

TABLEAU 2

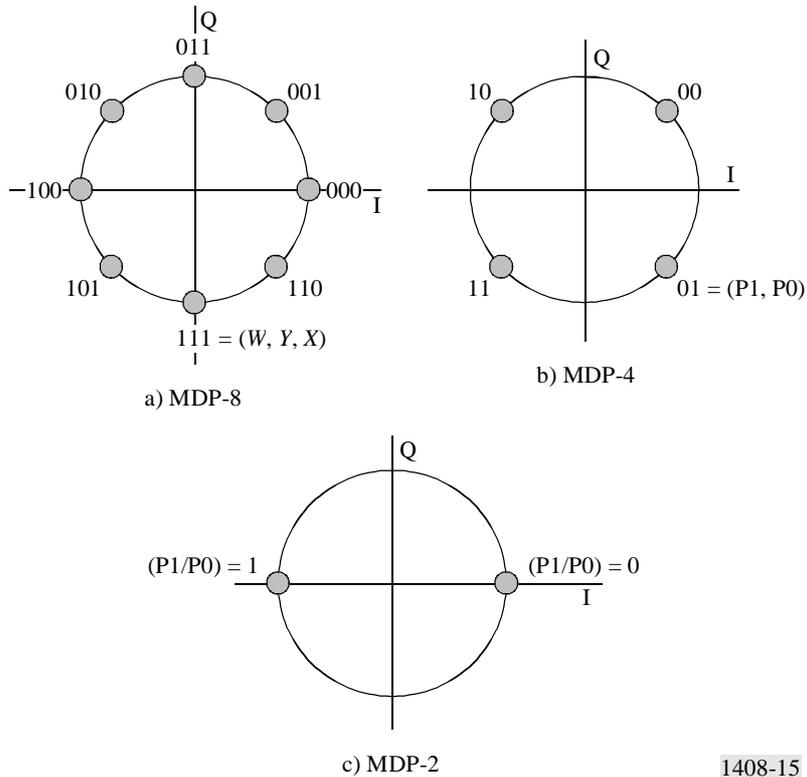
Définition des codes discontinus

MDP-2		MDP-4										MDP-8 CT	
1/2		1/2		2/3		3/4		5/6		7/8		2/3	
<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>
<i>X</i> = 1		<i>X</i> = 1		<i>X</i> = 10		<i>X</i> = 101		<i>X</i> = 10101		<i>X</i> = 1000101		<i>X</i> = 1	
<i>Y</i> = 1	10	<i>Y</i> = 1	10	<i>Y</i> = 11	6	<i>Y</i> = 110	5	<i>Y</i> = 11010	4	<i>Y</i> = 1111010	3	<i>Y</i> = 1	10
<i>P</i> ₁ = <i>X</i> ₁		<i>P</i> ₁ = <i>X</i> ₁		<i>P</i> ₁ = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂ <i>Y</i> ₃		<i>P</i> ₁ = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂		<i>P</i> ₁ = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂ <i>Y</i> ₄		<i>P</i> ₁ = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂ <i>Y</i> ₄ <i>Y</i> ₆		<i>P</i> ₁ = <i>X</i> ₁	
<i>P</i> ₀ = <i>Y</i> ₁		<i>P</i> ₀ = <i>Y</i> ₁		<i>P</i> ₀ = <i>Y</i> ₁ <i>X</i> ₃ <i>Y</i> ₄		<i>P</i> ₀ = <i>Y</i> ₁ <i>X</i> ₃		<i>P</i> ₀ = <i>Y</i> ₁ <i>X</i> ₃ <i>X</i> ₅		<i>P</i> ₀ = <i>Y</i> ₁ <i>Y</i> ₃ <i>X</i> ₅ <i>X</i> ₇		<i>P</i> ₀ = <i>Y</i> ₁	

- 1: bit transmis
- 0: bit non transmis
- P*: discontinuité
- d_{libre}*: distance libre du code convolutif

NOTE 1 – Le code discontinu est initialisé au début des créneaux successifs assignés au code correspondant.

FIGURE 15
Structuration des symboles



Avant la modulation, les signaux I et Q sont filtrés en fonction cosinus puissance 1/2 pour les besoins de la mise en forme du spectre. Le facteur d'amortissement est égal à 0,35. Le filtre correspondant en bande de base a une fonction théorique définie par l'expression suivante:

$$\begin{aligned}
 H(f) &= 1 && \text{pour} && |f| < f_N(1 - \alpha) \\
 H(f) &= \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{2f_N} \left[\frac{f_N - |f|}{\alpha} \right]^{1/2} \right\} && \text{pour} && f_N(1 - \alpha) \leq |f| \leq f_N(1 + \alpha) \\
 H(f) &= 0 && \text{pour} && |f| > f_N(1 + \alpha)
 \end{aligned}$$

où:

- f_N : fréquence de Nyquist
 α : facteur d'amortissement = 0,35.

APPENDICE 1

DE L'ANNEXE 1

Paramètres d'un système utilisant la modulation MDP-8 CT

TABLEAU 3

Paramètres du système

N°	Paramètre	Notation	Valeur	Remarques
1	Nombre de créneaux par trame	N	48	
2	Nombre de trames par supertrame	M	8	
3	Nombre d'octets par créneau pendant la transmission	B	203	Les mots de synchronisation MPEG ne sont pas transmis
4	Nombre de symboles par trame de données	I_D	38 976	Uniquement pour le signal principal
5	Nombre de symboles par trame		39 936	Y compris TMCC et la salve
6	Nombre de combinaisons modulation-code		7	MDP-8 CT ($r = 2/3$) MDP-4 ($r = 1/2$) MDP-4 ($r = 2/3$) MDP-4 ($r = 3/4$) MDP-4 ($r = 5/6$) MDP-4 ($r = 7/8$) MDP-2 ($r = 1/2$)
7	Combinaison modulation-code ayant la plus grande efficacité spectrale	E_{max}	2	(bit/symbole)
8	Nombre maximum de combinaisons modulation-code utilisées simultanément	C_M	4	
9	Nombre maximum de TS transmis simultanément	T_M	8	
10	Codage externe pour TMCC			RS (64,48)
11	Entrelacement pour TMCC			Non utilisé
12	Autres informations transportées par TMCC			Ordre de changement: 5 bits Fanion pour alarme: 1 bit d'urgence Information sur la liaison montante: 4 bits Réservé: 62 bits
13	Nombre total de bits de l'information TMCC		384	

TABLEAU 4

**Débits binaires de l'information utile pour plusieurs valeurs
de la largeur de bande radioélectrique**

Largeur de bande ⁽¹⁾ (MHz)	Débit des symboles (MBd)	Débits binaires de MPEG-TS (Mbit/s) ⁽²⁾						
		MDP-2 ($r = 1/2$)	MDP-4					MDP-8 CT ($r = 2/3$)
			($r = 1/2$)	($r = 2/3$)	($r = 3/4$)	($r = 5/6$)	($r = 7/8$)	
36	30,1	13,6	27,2	36,3	40,8	45,4	47,6	54,4
34,5	28,9	13,0	26,1	34,8	39,1	43,5	45,6	52,2
33	27,6	12,5	25,0	33,3	37,4	41,6	43,7	49,9
30	25,1	11,6	23,1	30,1	34,7	38,5	40,5	46,3
27	22,6	10,2	20,4	27,2	30,6	34,0	35,7	40,8
24	20,1	9,1	18,1	24,2	27,2	30,2	31,8	36,3

⁽¹⁾ Ces valeurs sont celles de la largeur de bande occupée (99% de l'énergie) en cas d'utilisation d'un tube à ondes progressives à caractéristiques types non linéaires et d'un filtre radiofréquence dont la largeur de bande (-3 dB) est égale numériquement à $1,3 \times$ débit des symboles.

⁽²⁾ Ces valeurs sont celles obtenues pour les débits binaires de l'information utile lorsque la combinaison modulation-code désignée est appliquée à tous les créneaux.