

CHAPITRE 6. LIAISON NUMERIQUE VHF (VDL) AIR-SOL

6.1 DÉFINITIONS ET POSSIBILITÉS DU SYSTÈME

La liaison numérique très haute fréquence (VHF) (VDL) mode 2 et la VDL mode 4 assurent des services de données. La VDL mode 3 fournit des services voix et données. La VDL en mode données est un des sous-réseaux mobiles constitutifs du réseau de télécommunications aéronautiques (ATN). La VDL peut aussi assurer des fonctions non ATN. Les normes et pratiques recommandées (SARP) relatives à la VDL sont définies ci-après.

Les manuels des spécifications techniques des VHF VDL mode 2, mode 3 et mode 4 contiennent des informations supplémentaires sur la VDL (Documents 9776, 9805 et 9816).

Les § 6.1.2 à 6.8.2 contiennent des normes et pratiques recommandées sur la VDL mode 2 et mode 3. Le § 6.9 contient des normes et pratiques recommandées sur la VDL mode 4.

6.1.1 Définitions

Accès multiple par répartition dans le temps (AMRT). Technique d'accès multiple fondée sur l'emploi partagé dans le temps d'un canal RF grâce à l'utilisation : 1) de créneaux temporels discrets contigus comme ressource partagée fondamentale ; et 2) d'un ensemble de protocoles d'exploitation qui permet aux utilisateurs d'interagir avec une station de commande principale pour accéder au canal.

Accès multiple par répartition dans le temps autogéré (STDMA). Technique d'accès multiple fondée sur l'emploi partagé dans le temps d'un canal de radiofréquence (RF) grâce à l'utilisation : 1) de créneaux temporels discrets contigus comme ressource partagée fondamentale ; et 2) d'un ensemble de protocoles d'exploitation qui permet aux utilisateurs d'accéder aux créneaux sans recourir à une station de commande principale.

Canal mondial de signalisation (GSC). Canal disponible à l'échelle mondiale pour la commande des communications.

Code de Golay étendu. Code de correction d'erreurs capable de corriger plusieurs bits erronés.



Code de Reed-Solomon. Code de correction d'erreurs capable de corriger des symboles erronés. Étant donné que des symboles erronés sont des assemblages de bits, ce code offre de bonnes capacités en matière de correction de rafales erronées.

Commande d'accès au support (MAC). Sous-couche qui acquiert le chemin de données et commande le mouvement des bits sur ce chemin.

Connexion de sous-réseau. Association à long terme entre un ETTD embarqué et un ETTD sol, employant des communications virtuelles successives pour maintenir le contexte pendant les transferts de liaison.

Couche liaison. Couche située immédiatement au-dessus de la couche physique du modèle de référence d'interconnexion de systèmes ouverts. La couche liaison permet le transfert fiable d'informations sur les supports physiques. Elle est subdivisée en deux sous-couches : la sous-couche liaison de données et la sous-couche commande d'accès au support.

Couche physique. Couche inférieure du modèle de référence d'interconnexion de systèmes ouverts. La couche physique est chargée de la transmission de données binaires sur le support physique (radio VHF, par exemple).

Couche sous-réseau. Couche qui établit, gère et supprime les connexions dans un sous-réseau.

Créneau. Intervalle d'une série d'intervalles de temps consécutifs de durée égale. Chaque émission de rafale commence au début d'un créneau.

Créneau actif. Créneau dans lequel commence une transmission reçue.

Diffusion. Transmission de renseignements concernant la navigation aérienne, qui n'est pas destinée à une ou plusieurs stations déterminées.

Entité de gestion de liaison (LME). Machine à états de protocole capable d'acquérir, d'établir et de maintenir une connexion avec un seul système homologue. L'entité de gestion de liaison (LME) établit des connexions de liaison de données et de sous-réseau, les transfère et gère la sous-couche commande d'accès au support ainsi que la couche physique. La LME embarquée surveille la qualité des communications avec les stations sol d'un seul système sol. Une entité de gestion VDL (VME) embarquée instancie une LME pour chaque station sol qu'elle surveille. De même, une VME sol instancie une LME pour chaque aéronef qu'elle surveille. Lorsque la communication avec le système homologue n'est plus possible, la LME est supprimée.



Entité de gestion VDL (VME). Entité propre à la VDL qui assure la qualité de service demandée par la SN_SME définie par l'ATN. Une entité de gestion VDL (VME) utilise les LME (qu'elle crée et supprime) pour déterminer la qualité de service offerte par les systèmes homologues.

Entité de liaison de données (DLE). Machine à états de protocole capable d'établir et de gérer une seule connexion de liaison de données.

Entité de sous-réseau. Dans le présent document, l'expression « ETCD sol » désigne l'entité de sous-réseau d'une station sol en communication avec un aéronef ; l'expression « ETTD sol » désigne l'entité de sous-réseau d'un routeur sol en communication avec une station d'aéronef ; l'expression « ETTD embarqué » désigne l'entité de sous-réseau d'un aéronef en communication avec une station sol. Une entité de sous-réseau est une entité de couche paquet conforme à la définition de la norme ISO 8208.

Équipement de terminaison de circuit de données (ETCD). Équipement donnant accès au réseau et utilisé pour permettre la communication entre les ETTD.

Équipement terminal de traitement de données (ETTD). Point d'extrémité d'une connexion de sous-réseau.

Fonction de convergence dépendante du sous-réseau (SND CF). Fonction qui fait correspondre les caractéristiques et les services d'un sous-réseau particulier aux caractéristiques et aux services requis par la fonction interréseau.

Groupe d'utilisateurs. Groupe de stations sol et/ou de stations de bord qui partagent une connectivité voix et/ou données. Dans le cas de communications vocales, tous les membres d'un même groupe d'utilisateurs ont accès à toutes les communications. Dans le cas des données, les communications se font en connectivité point à point pour ce qui est des messages dans le sens air-sol et en connectivité point à point ou en mode diffusion pour ce qui concerne les messages dans le sens sol-air.

Liaison. Une liaison relie une DLE embarquée et une DLE sol ; elle est désignée de façon unique par la combinaison de l'adresse du DLS embarqué et du DLS sol. Il y a une entité de sous-réseau différente au-dessus de chaque point d'extrémité de la liaison.

Mode 2. Mode de communication de données de la VDL, qui utilise la modulation D8PSK et une technique de commande d'accès multiple avec détection de la porteuse (AMDP).



Mode 3. Mode de communication voix et données de la VDL, qui utilise la modulation D8PSK et une technique de commande d'accès au support de type AMRT.

Mode 4. Mode de communication de données de la VDL, qui utilise la modulation GFSK et l'accès multiple par répartition dans le temps autogéré (STDMA).

Modulation de fréquence à filtre gaussien (GFSK). Technique de modulation par déplacement de fréquence avec continuité de phase utilisant deux tonalités et un filtre de forme d'impulsion gaussien.

Qualité de service. Informations qui se rapportent aux caractéristiques de transfert de données utilisées par divers protocoles de communication afin d'obtenir divers niveaux de performance pour les utilisateurs du réseau.

Rafale. Ensemble continu, défini dans le temps, constitué d'une ou de plusieurs unités de signalisation contiguës pouvant contenir de l'information et des protocoles d'utilisateur, la signalisation et tout préambule nécessaire.

Rafale M. Bloc de données de canal de gestion utilisé en VDL mode 3. Cette rafale contient l'information de signalisation nécessaire pour l'accès au support et la surveillance de l'état de la liaison.

Rafale VDL mode 4. Rafale constituée d'une suite de champs (adresse de la source, identificateur de rafale, information, réservation de créneau et séquence de contrôle de trame [FCS]) délimités par des séquences de drapeau de début et de fin.

Une rafale ne peut débuter qu'à un intervalle de temps quantifié ; cette contrainte permet de déterminer le temps de propagation entre l'émission et la réception.

Sous-couche service de liaison de données (DLS). Sous-couche située au-dessus de la sous-couche MAC. Dans le cas de la VDL mode 4, la sous-couche DLS est située au-dessus de la sous-couche VSS. Le service de liaison de données (DLS) gère la file d'attente d'émission, crée et supprime les DLE dans les communications en mode connexion, fournit à la LME les facilités nécessaires pour gérer le DLS et fournit les facilités pour les communications en mode sans connexion.

Sous-couche services spécifiques VDL mode 4 (VSS). Sous-couche située au-dessus de la sous-couche MAC qui fournit les protocoles d'accès spécifiques VDL mode 4, notamment les protocoles réservés, les protocoles aléatoires et les protocoles fixes.



Station VDL. Entité physique située à bord ou au sol, pouvant utiliser la VDL modes 2, 3 ou 4.

Dans le présent chapitre, une station VDL est également appelée «station».

Surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B). Moyen par lequel des aéronefs, des véhicules d'aérodrome et d'autres objets peuvent automatiquement transmettre et/ou recevoir des données telles que des données d'identification, de position et autres, selon les besoins, sur une liaison de données fonctionnant en mode diffusion.

Système. Entité pouvant utiliser la VDL. Un système est constitué d'une ou plusieurs stations et de l'entité de gestion VDL correspondante ; il peut être situé à bord ou au sol.

Système DLS VDL mode 4. Système VDL qui met en œuvre les protocoles DLS et de sous-réseau VDL mode 4 pour acheminer les paquets ATN ou d'autres paquets.

Trame. La trame de couche liaison est constituée des champs adresse, commande, séquence de contrôle de trame (FCS) et information. Dans le cas de la VDL mode 2, ces champs sont délimités par des drapeaux de début et de fin, et une trame peut ou non contenir un champ information de longueur variable.

Unité vocale. Dispositif qui assure l'interface audio en mode simplex et la signalisation entre l'utilisateur et la VDL.

Vocodeur. Codeur/décodeur de parole à faible débit binaire.

Utilisateur VSS. Utilisateur des services spécifiques VDL mode 4. Il peut s'agir d'une couche supérieure prévue par les SARP sur la VDL mode 4 ou d'une application extérieure utilisant la VDL mode 4.

6.1.2 Canaux radioélectriques et canaux fonctionnels

6.1.2.1 *Gamme de radiofréquences des stations d'aéronef.* Une station d'aéronef peut se régler sur n'importe lequel des canaux de la gamme spécifiée au § 6.1.4.1 dans les 100 ms qui suivent la réception d'une commande de syntonisation automatique. En outre, dans le cas de la VDL mode 3, une station d'aéronef peut se régler sur n'importe lequel des canaux de la gamme spécifiée au § 6.1.4.1 dans les 100 ms qui suivent la réception de quelque commande de syntonisation que ce soit.

6.1.2.2 *Gamme de radiofréquences des stations sol.* Une station sol peut utiliser le canal qui lui a été assigné dans la gamme de radiofréquences définie au § 6.1.4.1.

6.1.2.3 *Canal sémaphore.* La fréquence 136,975 MHz est réservée comme canal sémaphore (CSC) mondial dans la VDL mode 2.

6.1.3 Possibilités du système

6.1.3.1 *Transparence des données.* Le système VDL assure le transfert des données indépendamment du code et des octets utilisés.

6.1.3.2 *Diffusion.* Le système VDL assure des services de diffusion de données (mode 2) et/ou des services de diffusion de voix et de données (mode 3) de couche liaison. En VDL mode 3, le service de diffusion de données permet une multidestination réseau à partir du sol.

6.1.3.3 *Gestion des connexions.* Le système VDL établit et maintient une voie de communication fiable entre l'aéronef et le système sol tout en permettant, quoique sans l'exiger, l'intervention humaine.

Dans ce contexte, la « fiabilité » est définie par le taux d'erreurs sur les bits (BER) spécifié au § 6.3.5.1.

6.1.3.4 *Passage à un autre réseau sol.* Lorsque les circonstances l'exigent, un aéronef équipé d'un système VDL passe d'une station sol à une autre station sol.

6.1.3.5 *Possibilité de communications vocales.* Le système VDL mode 3 permet des communications vocales en mode simplex, de façon transparente, avec accès au canal basé sur le principe «écouter avant de transmettre».

6.1.4 Caractéristiques du système de communication air-sol sur liaison numérique VHF

6.1.4.1 Les fréquences radio seront choisies dans la bande 117,975 MHz – 137 MHz. La fréquence assignable la plus basse est 118,000 MHz et la plus haute, 136,975 MHz. L'espacement entre les fréquences assignables (espacement entre canaux) sera de 25 kHz.

La réglementation en vigueur relative à l'utilisation du spectre de fréquences radioélectriques spécifie que le bloc de fréquences de 136,9 MHz à 136,975 MHz inclusivement est réservé aux communications sur liaison numérique air-sol VHF.

6.1.4.2 Les émissions sont conçues pour être polarisées verticalement.

6.2 CARACTÉRISTIQUES DE SYSTÈME DE L'INSTALLATION AU SOL

6.2.1 Fonction émission de la station au sol

6.2.1.1 *Stabilité de fréquence.* La fréquence radio de la station VDL au sol ne doit pas varier pas de plus de $\pm 0,0002\%$ (2 pour un million) par rapport à la fréquence assignée.

La stabilité de fréquence des stations VDL au sol qui utilisent la modulation d'amplitude sur double bande latérale (MA-DBL) dans le cas d'un espacement de 25 kHz entre canaux est spécifiée dans la Partie 2, Chapitre 2.

6.2.2 Puissance

La puissance apparente rayonnée est suffisante pour fournir une intensité de champ d'au moins $75 \mu\text{V/m}$ (-109 dBW/m^2) dans le volume de portée utile défini de l'installation, en supposant une propagation en espace libre.

6.2.3 Rayonnements non essentiels

6.2.3.1 Les rayonnements non essentiels sont maintenus à la valeur la plus basse compatible avec la technique actuelle et la nature du service.

L'appendice 3 au Règlement des radiocommunications spécifie les niveaux de rayonnements non essentiels auxquels doivent se conformer les émetteurs.

6.2.4 Émissions sur les canaux adjacents

6.2.4.1 La puissance d'un émetteur VDL au sol mesurée sur la largeur de bande de 25 kHz du premier canal adjacent ne doit pas être supérieure à 0 dBm quelles que soient les conditions de fonctionnement.

6.2.4.1.1 Après le 1^{er} janvier 2002, la puissance de toutes les nouvelles installations d'émetteur VDL au sol mesurée sur la largeur de bande de 25 kHz du premier canal adjacent ne dépasse pas 2 dBm quelles que soient les conditions de fonctionnement.

6.2.4.2 Quelles que soient les conditions de fonctionnement, la puissance d'un émetteur VDL au sol mesurée sur la largeur de bande de 25 kHz du deuxième canal adjacent sera inférieure à -25 dBm , à partir de quoi elle diminue de manière monotone à raison d'un minimum de 5 dB par octave jusqu'à une valeur maximale de -52 dBm .

6.2.4.2.1 Après le 1^{er} janvier 2002, la puissance de toutes les nouvelles installations d'émetteur VDL au sol mesurée sur la largeur de bande de 25 kHz du deuxième canal

adjacent doit être inférieure à -28 dBm quelles que soient les conditions de fonctionnement.

6.2.4.2.2 Après le 1^{er} janvier 2002, la puissance de toutes les nouvelles installations d'émetteur VDL au sol mesurée sur la largeur de bande de 25 kHz du quatrième canal adjacent doit être inférieure à -38 dBm quelles que soient les conditions de fonctionnement, après quoi elle diminue de manière monotone à raison d'un minimum de 5 dB par octave jusqu'à une valeur maximale de -53 dBm.

6.2.4.3 La puissance d'un émetteur VDL au sol mesurée sur une largeur de bande de 16 kHz centrée sur le premier canal adjacent ne doit pas être pas supérieure à -20 dBm quelles que soient les conditions de fonctionnement.

6.2.4.3.1 Après le 1^{er} janvier 2002, la puissance de toutes les nouvelles installations d'émetteur VDL au sol mesurée sur une largeur de bande de 16 kHz centrée sur le premier canal adjacent ne doit pas dépasser pas -18 dBm quelles que soient les conditions de fonctionnement.

6.2.4.4 Après le 1^{er} janvier 2005, tous les émetteurs VDL au sol doivent être conformes aux dispositions des § 6.2.4.1.1, 6.2.4.2.1, 6.2.4.2.2 et 6.2.4.3.1, sous réserve des conditions spécifiées au § 6.2.4.5.

6.2.4.5 Les spécifications relatives à l'obligation de se conformer aux dispositions du § 6.2.4.4 sont établies sur la base d'accords régionaux de navigation aérienne qui précisent l'espace aérien d'exploitation et le calendrier de mise en œuvre. Ces accords stipulent un préavis d'au moins deux ans pour la conformité obligatoire des systèmes au sol.

6.3 CARACTÉRISTIQUES DE SYSTÈME DE L'INSTALLATION DE BORD

6.3.1 *Stabilité de fréquence.* La fréquence radio de la station VDL de bord ne varie pas de plus de $\pm 0,0005$ % (5 pour un million) par rapport à la fréquence assignée.

6.3.2 *Puissance.* La puissance apparente rayonnée doit être suffisante pour fournir une intensité de champ d'au moins $20 \mu\text{V/m}$ (-120 dBW/m²), en supposant une propagation en espace libre, à des distances et à des altitudes appropriées aux conditions opérationnelles intéressant les régions au-dessus desquelles l'aéronef est exploité.

6.3.3 Rayonnements non essentiels



6.3.3.1 Les rayonnements non essentiels sont maintenus à la valeur la plus basse compatible avec la technique actuelle et la nature du service.

L'appendice 3 du Règlement des radiocommunications spécifie les niveaux de puissance applicables aux émetteurs en ce qui concerne les rayonnements non essentiels.

6.3.4 Émissions sur les canaux adjacents

6.3.4.1 La puissance d'un émetteur VDL de bord mesurée sur la largeur de bande de 25 kHz du premier canal adjacent ne doit pas être supérieure à 0 dBm quelles que soient les conditions de fonctionnement.

6.3.4.1.1 Après le 1^{er} janvier 2002, la puissance de toutes les nouvelles installations d'émetteur VDL de bord mesurée sur la largeur de bande de 25 kHz du premier canal adjacent ne doit pas dépasser pas 2 dBm quelles que soient les conditions de fonctionnement.

6.3.4.2 Quelles que soient les conditions de fonctionnement, la puissance d'un émetteur VDL de bord mesurée sur la largeur de bande de 25 kHz du deuxième canal adjacent sera inférieure à -25 dBm, à partir de quoi elle diminue de manière monotone à raison d'un minimum de 5 dB par octave jusqu'à une valeur maximale de -52 dBm.

6.3.4.2.1 Après le 1^{er} janvier 2002, la puissance de toutes les nouvelles installations d'émetteur VDL de bord mesurée sur la largeur de bande de 25 kHz du deuxième canal adjacent doit être inférieure à -28 dBm, quelles que soient les conditions de fonctionnement.

6.3.4.2.2 Après le 1^{er} janvier 2002, la puissance de toutes les nouvelles installations d'émetteur VDL de bord mesurée sur la largeur de bande de 25 kHz du quatrième canal adjacent doit être inférieure à -38 dBm quelles que soient les conditions de fonctionnement, après quoi elle diminue de manière monotone à raison d'un minimum de 5 dB par octave jusqu'à une valeur maximale de -53 dBm.

6.3.4.3 La puissance d'un émetteur VDL de bord mesurée sur une largeur de bande de 16 kHz centrée sur le premier canal adjacent ne doit pas être pas supérieure à -20 dBm quelles que soient les conditions de fonctionnement.

6.3.4.3.1 Après le 1^{er} janvier 2002, la puissance de toutes les nouvelles installations d'émetteur VDL de bord mesurée sur une largeur de bande de 16 kHz centrée sur le



premier canal adjacent ne doit pas dépasser pas -18 dBm quelles que soient les conditions de fonctionnement.

6.3.4.4 Après le 1^{er} janvier 2005, tous les émetteurs VDL de bord doivent être conformes aux dispositions des § 6.3.4.1.1, 6.3.4.2.1, 6.3.4.2.2 et 6.3.4.3.1, sous réserve des conditions spécifiées au § 6.3.4.5.

6.3.4.5 Les spécifications relatives à l'obligation de se conformer aux dispositions du § 6.3.4.4 sont établies sur la base d'accords régionaux de navigation aérienne qui précisent l'espace aérien d'exploitation et le calendrier de mise en œuvre. Ces accords stipulent un préavis d'au moins deux ans pour la conformité obligatoire des systèmes de bord.

6.3.5 Fonction réception

6.3.5.1 *Taux d'erreurs spécifié.* Le taux d'erreurs spécifié du mode 2 est le taux d'erreurs sur les bits (BER) maximal corrigé de 1 sur 10^4 . Le taux d'erreurs spécifié du mode 3 sera le BER maximal non corrigé de 1 sur 10^3 . Le taux d'erreurs spécifié du mode 4 est le BER maximal non corrigé de 1 sur 10^4 .

Les BER de la couche physique spécifiés ci-dessus sont tirés du BER imposé par l'ATN à l'interface de sous-réseau.

6.3.5.2 *Sensibilité.* La fonction réception satisfait au taux d'erreurs spécifié avec une force de signal utile non supérieure à $20 \mu\text{V/m}$ (-120 dBW/m²).

La force de signal requise en bordure du volume de service tient compte des besoins du système, des pertes de signal à l'intérieur du système, ainsi que des sources externes de bruit.

6.3.5.3 *Performances d'insensibilité hors bande.* La fonction réception satisfait au taux d'erreurs spécifié avec un champ de signal utile non supérieur à $40 \mu\text{V/m}$ (-114 dBW/m²) et avec un signal non désiré MA-DBL, D8PSK ou GSKF sur le canal adjacent ou sur tout autre canal assignable supérieur d'au moins 40 dB au signal utile.

6.3.5.3.1 Après le 1^{er} janvier 2002, la fonction réception de toutes les nouvelles installations VDL doivent satisfaire au taux d'erreurs spécifié avec un champ de signal utile d'au plus $40 \mu\text{V/m}$ (-114 dBW/m²) et avec un signal VHF MA-DBL, D8PSK ou GSKF non désiré supérieur d'au moins 60 dB au signal utile sur tout canal assignable situé à 100 kHz ou plus du canal assigné du signal utile.



Ce niveau d'insensibilité au brouillage assure une performance du récepteur conforme à l'incidence du masque spectral RF de la VDL spécifié au § 6.3.4, avec un isolement effectif de 69 dB entre l'émetteur et le récepteur. Une amélioration des performances de l'émetteur et du récepteur pourrait avoir pour résultat une diminution de l'isolement requis.

6.3.5.3.2 Après le 1^{er} janvier 2005, la fonction réception de toutes les installations VDL doivent être conforme aux dispositions du § 6.3.5.3.1, sous réserve des conditions spécifiées au § 6.3.5.3.3.

6.3.5.3.3 Les spécifications relatives à l'obligation de se conformer aux dispositions du § 6.3.5.3.2 sont établies sur la base d'accords régionaux de navigation aérienne qui précisent l'espace aérien d'exploitation et le calendrier de mise en œuvre. Ces accords stipulent un préavis d'au moins deux ans pour la conformité obligatoire des systèmes de bord.

6.3.5.4 PERFORMANCES D'INSENSIBILITÉ AUX BROUILLAGES

6.3.5.4.1 La fonction réception doit satisfaire au taux d'erreurs spécifié avec un champ utile non supérieur à 40 μ V/m et avec un ou plusieurs signaux hors bande d'un niveau total de -33 dBm à l'entrée du récepteur, sauf s'il s'agit de signaux de diffusion FM VHF.

Dans les régions où le brouillage du signal de la bande supérieure adjacente dépasse cette spécification, une caractéristique d'insensibilité plus élevée sera appliquée.

6.3.5.4.2 La fonction réception doit satisfaire au taux d'erreurs spécifié avec un champ utile non supérieur à 40 μ V/m et avec un ou plusieurs signaux de diffusion VHF FM d'un niveau total de -5 dBm à l'entrée du récepteur.

6.4 PROTOCOLES ET SERVICES DE LA COUCHE PHYSIQUE

Les stations d'aéronef et sol accèderont au support physique en mode simplex.

6.4.1 Fonctions

6.4.1.1 La couche physique assure les fonctions suivantes :

- a) commande de la fréquence de l'émetteur et du récepteur ;
- b) réception numérique par le récepteur ;
- c) émission numérique par l'émetteur ;
- d) services de notification.



6.4.1.1.1 *Commande de la fréquence de l'émetteur ou du récepteur.* La couche physique VDL règle l'émetteur ou le récepteur à la fréquence commandée par l'entité de gestion de liaison (LME).

La LME est l'entité de couche liaison décrite dans les manuels des spécifications techniques de la VDL mode 2 et mode 3.

6.4.1.1.2 *Réception numérique par le récepteur.* Le récepteur décode les signaux d'entrée et les communique aux couches supérieures pour traitement.

6.4.1.1.3 *Émission numérique.* La couche physique VDL code de manière appropriée l'information reçue des couches supérieures et l'émet sur le canal RF.

6.4.2 Couche physique commune aux modes 2 et 3

6.4.2.1 *Système de modulation.* Les modes 2 et 3 ont recours à la modulation à codage différentiel par déplacement de phase octovalente (D8PSK), utilisant un filtre à cosinus surélevé où $\alpha = 0,6$ (valeur nominale). L'information à transmettre est codée différenciellement ; chaque symbole (baud) représente 3 bits et est transmis sous forme d'une variation de phase plutôt que d'une phase absolue. Le train de données à transmettre est divisé en groupes de 3 bits d'information consécutifs, le bit de poids faible en premier. Au besoin, des zéros sont ajoutés à la fin des émissions pour le symbole de canal final.

6.4.2.1.1 *Codage des données.* Le train de données binaires entrant dans un codeur de données différentiel est converti en trois trains binaires séparés X, Y et Z de sorte que les bits $3n$ forment X, les bits $3n + 1$ forment Y et les bits $3n + 2$ forment Z. Le triplet à l'instant k (X_k, Y_k, Z_k) est converti en une variation de phase conforme au Tableau 6-1* et la phase absolue φ_k est la série des $\Delta\varphi_k$ accumulés, soit :

$$\varphi_k = \varphi_{k-1} + \Delta\varphi_k$$

6.4.2.1.2 *Forme du signal émis.* Le signal en bande de base modulé en phase défini au § 6.4.2.1.1 excite le filtre de forme d'impulsion.

$$s(\sum_{k=-\infty}^{+\infty} t) = h(\varphi_k, t - kT_s)$$

où :

- h est la réponse impulsionnelle complexe du filtre de forme d'impulsion ;
- k est défini au § 6.4.2.1.1 ;
- φ est défini par l'équation au § 6.4.2.1.1 ;



- t est le temps ;
 T_s est la durée de chaque symbole.

La sortie (fonction du temps) du filtre de forme d'impulsion ($s(t)$) module la fréquence porteuse. Le filtre de forme d'impulsion a une réponse fréquentielle complexe nominale d'un filtre à cosinus surélevé où $a = 0,6$.

6.4.2.2 *Rapidité de modulation.* Le débit est de 10 500 symboles/s, ayant pour résultat un débit binaire nominal de 31 500 bit/s. Les spécifications relatives à la stabilité de la modulation pour les modes 2 et 3 sont indiquées dans le Tableau 6-2.

6.4.3 Couche physique propre au mode 2

La spécification de la couche physique propre au mode 2 comprend une description de la séquence d'apprentissage du mode 2, de la correction d'erreurs sans circuit de retour (FEC), de l'entrelacement, de l'embrouillage, de la détection de canal et des paramètres système de la couche physique du mode 2.

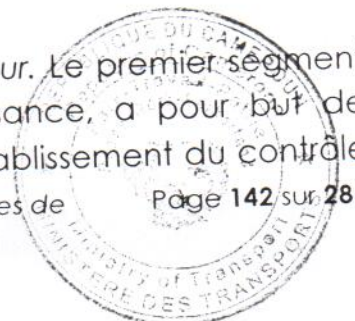
6.4.3.1 Pour transmettre une séquence de trames, une station insère les numéros des bits et les drapeaux (conformément à la description du service de liaison de données du mode 2 figurant dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 2), calcule la FEC (conformément au § 6.4.3.1.2), effectue l'entrelacement (conformément au § 6.4.3.1.3), ajoute la séquence d'apprentissage au début de la séquence de trames (conformément au § 6.4.3.1.1) et effectue l'embrouillage (conformément au § 6.4.3.1.4) puis le codage et la modulation du signal RF (conformément au § 6.4.2.1).

6.4.3.1.1 *Séquence d'apprentissage.* L'émission des données commence par une séquence d'apprentissage de démodulateur composée de 5 segments :

- a) montée et stabilisation de la puissance de l'émetteur ;
- b) synchronisation et résolution de l'ambiguïté ;
- c) symbole réservé ;
- d) longueur de la transmission ;
- e) FEC de l'en-tête.

Ces segments sont immédiatement suivis d'une trame AVLC ayant le format indiqué dans la description du service de liaison de données figurant dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 2.

6.4.3.1.1.1 *Montée et stabilisation de la puissance de l'émetteur.* Le premier segment de la séquence d'apprentissage, appelé montée de puissance, a pour but de permettre la stabilisation de la puissance de l'émetteur et l'établissement du contrôle



automatique de gain (CAG) du récepteur ; il précède immédiatement le premier symbole du mot unique. La montée de puissance a une durée de 5 périodes de symbole. Dans la spécification suivante, le point de référence temporelle (t) est le centre du premier symbole du mot unique, qui est un point situé au milieu de la période de symbole qui suit la fin de la montée de puissance. Autrement dit, la montée de puissance commence à $t = -5,5$ périodes de symbole. La puissance émise est inférieure à -40 dBc avant $t = 5,5$ périodes de symbole. La montée de puissance est telle qu'au moment $t = -3,0$ périodes de symbole, la puissance émise est égale ou supérieure à 90 % de la puissance annoncée par le fabricant (voir la Figure 6-1*). Quelle que soit la méthode utilisée pour appliquer (ou tronquer) le filtre à cosinus surélevé, la sortie de l'émetteur entre $t = -3,0$ et $t = -0,5$ se comporte comme si les symboles «000» avaient été émis pendant la période de montée de puissance.

Dans le cas du mode 3, le point de référence temporelle correspond au « point de référence de puissance ».

Il est souhaitable de maximiser le temps alloué à l'établissement du CAG. Il convient donc de faire le nécessaire pour qu'à $t = -3,5$ périodes de symbole la puissance se situe au-dessus de 90 % de la puissance nominale de sortie.

6.4.3.1.1.2 *Synchronisation et résolution de l'ambiguïté.* Le deuxième segment de la séquence d'apprentissage est constitué du mot unique suivant :

000 010 011 110 000 001 101 110 001 100 011
111 101 111 100 010

et sera émis de gauche à droite.

6.4.3.1.1.3 *Symbole réservé.* Le troisième segment de la séquence d'apprentissage est constitué d'un seul symbole représentant 000.

Ce champ est réservé pour une définition future.

6.4.3.1.1.4 *Longueur de la transmission.* Afin de permettre au récepteur de déterminer la longueur du dernier bloc Reed-Solomon, l'émetteur envoie un mot de 17 bits, en commençant par le bit de poids faible (LSB) et en terminant par le bit de poids fort (MSB), pour indiquer le nombre total de bits d'information qui suivent la FEC de l'en-tête.

La longueur de la transmission ne comprend pas la FEC Reed-Solomon, les bits de remplissage nécessaires pour que l'entrelaceur génère un nombre entier de mots de 8 bits ni les bits de remplissage nécessaires pour que le codeur génère un nombre entier de symboles de 3 bits.

6.4.3.1.1.5 *FEC de l'en-tête*. Le cinquième segment transmis est un code par bloc (25, 20) calculé sur les segments symbole réservé et longueur de transmission afin de corriger les erreurs sur les bits dans l'en-tête. Le codeur accepte l'en-tête de la séquence de bits en cours de transmission. Les cinq bits de parité qui sont transmis sont générés à l'aide de la formule suivante :

$$[P_1, \dots, P_5] = [R_1, \dots, R_3, TL_1, \dots, TL_{17}] H^T$$

où :

P est le symbole de parité (P_1 sera émis en premier) ;

R est le symbole réservé ;

TL est le symbole de la longueur de transmission ;

T est la fonction de transposition de matrice ;

H est la matrice de parité ci-] dessous :

6.4.3.1.1.6 *Ordre de transmission des bits*. Les 5 bits de parité du produit vectoriel résultant sont transmis en commençant par le bit de gauche.

6.4.3.1.2 *Correction d'erreurs sans circuit de retour (FEC)*. Afin d'améliorer le débit effectif de canal en réduisant le nombre de retransmissions nécessaires, la FEC est appliquée après la séquence d'apprentissage sans tenir compte des limites de trame.

6.4.3.1.2.1 *Calcul de la FEC*. Le codage FEC est réalisé au moyen d'un code systématique Reed-Solomon (RS) (255,249) 2^8 de longueur fixe.

Ce code peut corriger jusqu'à 3 octets dans les blocs de données de 249 octets (1 992 bits). Il faut diviser les transmissions plus longues en blocs de 1 992 bits et allonger les transmissions plus courtes par remplissage virtuel de zéros à droite. Six octets de contrôle RS sont alors ajoutés pour former un bloc de 255 octets.

Le champ qui définit le polynôme de la primitive du code est :

$$p(x) = (x^8 + x^7 + x^2 + x + 1)$$

Le polynôme générateur est le suivant :



$$\prod_{i=1}^{120} (x-\alpha^i)$$

où :

α est une primitive de $GF(256)$;

$GF(256)$ est un corps de Galois (GF) ayant une taille de 256.

Les codes Reed-Solomon sont décrits dans Recommendation for Space Data System Standards : Telemetry Channel Coding, du Consultative Committee for Space Data Systems (voir l'Appendice au présent chapitre).

6.4.3.1.2.2 *Longueur des blocs.* Les 6 octets de contrôle RS seront calculés sur des blocs de 249 octets. Les transmissions plus longues sont divisées en blocs de 249 octets, conformément au § 6.4.3.1.3. Les blocs plus courts sont allongés par remplissage virtuel de zéros à droite jusqu'à former des blocs de 249 octets ; ces zéros ne sont pas transmis. Les blocs seront codés conformément aux § 6.4.3.1.2.3 à 6.4.3.1.2.3.3.

6.4.3.1.2.3 *Absence de correction.* Aucune correction d'erreurs n'est utilisée pour les blocs constitués d'un maximum de 2 octets qui ne sont pas des octets de remplissage.

6.4.3.1.2.3.1 *Correction de 1 octet.* Pour les blocs constitués de 3 à 30 octets qui ne sont pas des octets de remplissage, les 6 octets de contrôle RS sont générés, mais seuls les 2 premiers sont transmis. Les 4 derniers octets de contrôle RS sont traités comme des effacements effectués au décodeur.

6.4.3.1.2.3.2 *Correction de 2 octets.* Pour les blocs constitués de 31 à 67 octets qui ne sont pas des octets de remplissage, les 6 octets de contrôle RS sont générés, mais seuls les 4 premiers sont transmis. Les 2 derniers octets de contrôle RS sont traités comme des effacements effectués au décodeur.

6.4.3.1.2.3.3 *Correction de 3 octets.* Dans le cas des blocs constitués d'au moins 68 octets qui ne sont pas des octets de remplissage, les 6 octets de contrôle RS sont générés et transmis.

6.4.3.1.3 *Entrelacement.* Pour améliorer l'efficacité de la FEC, on utilise un entrelaceur par octet, géré par tables. L'entrelaceur crée une table constituée de lignes de 255 octets et de c lignes :

$$C = \frac{\text{longueur de la transmission (bits)}}{1\ 992 \text{ (bits)}}$$



où :

- a) la longueur de la transmission est définie au § 6.4.3.1.1.5 ;
- b) c = le plus petit entier supérieur ou égal à la valeur de la fraction.

Après avoir complété les données pour former un multiple pair de 1 992 bits, l'entrelaceur fait entrer le train de transmission dans les 249 premiers octets de chaque ligne en stockant chaque groupe consécutif de 8 bits dans une colonne, de la première à la 249^e. Le premier bit de chaque groupe de 8 bits est stocké dans la huitième position binaire ; le premier groupe de 1 992 bits est stocké dans la première ligne, le deuxième groupe de 1 992 bits dans la deuxième ligne, et ainsi de suite. Après le calcul de la FEC sur chaque ligne, les données (ou effacements) FEC sont stockées dans les colonnes 250 à 255. L'entrelaceur passe alors les données à l'embrouilleur en les lisant colonne par colonne et en sautant les octets qui contiennent des effacements ou qui sont entièrement constitués de bits de remplissage. Tous les bits des octets sont transmis du 8^e bit au 1^{er} bit.

Après avoir reçu les données, le désentrelaceur calcule le nombre de lignes et la longueur de la dernière ligne (qui peut être partielle) d'après le champ longueur de l'en-tête. Il ne communique que des octets d'information valides à la couche supérieure.

6.4.3.1.4 *Embrouillage des bits*. Les bits sont embrouillés afin de faciliter la récupération du rythme et de stabiliser la forme du spectre transmis. La séquence de pseudo-bruit (PN) est un générateur à 15 étages (voir Figure 6-2) ayant le polynôme caractéristique suivant :

$$X^{15} + X + 1$$

La séquence PN commence après la configuration de synchronisation de trame par la valeur initiale 1101 0010 1011 001, le bit de gauche étant dans le premier étage du registre, comme le montre la Figure 6-2. Après le traitement de chaque bit, le registre est décalé d'un bit vers la droite. Cette valeur initiale est programmée afin de permettre le chiffrement à l'avenir. La séquence est ajoutée (modulo 2) aux données du côté émission (embrouillage) et aux données embrouillées du côté réception (désembrouillage), conformément aux indications du Tableau 6-3.

L'embrouilleur PN est expliqué dans la Recommandation 446-4, Annexe 1, section 4.3.1, méthode 1, de l'UIT-R.

6.4.3.2 DÉTECTION DE CANAL EN MODE 2

Annexe à l'arrêté fixant les dispositions applicables aux systèmes de télécommunications aéronautiques au Cameroun



6.4.3.2.1 *Détection occupé-libre.* Lorsqu'une station détecte sur le canal une puissance d'au moins -87 dBm durant un minimum de 5 ms :

- a) elle continue à considérer, avec une probabilité de 0,9, que le canal est occupé si le niveau du signal tombe au dessous de -92 dBm pendant moins de 1 ms ;
- b) elle considère, avec une probabilité de 0,9, que le canal n'est pas occupé si le niveau du signal tombe au-dessous de -92 dBm pendant au moins 1,5 ms.

Le débit de liaison maximal auquel ont accès tous les utilisateurs est extrêmement sensible au temps de détection du canal RF (à compter du moment où le canal change réellement d'état jusqu'au moment où une station détecte ce changement et prend les mesures qui s'imposent) et au temps de prise du canal RF (à compter du moment où une station décide d'émettre jusqu'au moment où l'émetteur atteint un niveau de puissance suffisant pour bloquer les autres stations). Il est donc essentiel de prendre toutes les mesures nécessaires pour réduire ces temps au fur et à mesure que les progrès techniques le permettent.

6.4.3.2.2 *Détection libre-occupé.* Une station considère, avec une probabilité d'au moins 0,9, que le canal est occupé moins de 1 ms après que la puissance détectée sur le canal a atteint au moins -90 dBm.

6.4.3.2.3 *La détection d'un canal occupé a lieu en moins de 0,5 ms.*

On peut accepter une plus grande probabilité de fausse alarme pendant la détection libre-occupé que pendant la détection occupé-libre à cause des effets des deux erreurs différentes.

6.4.3.3 INTERACTION ENTRE L'ÉMETTEUR ET LE RÉCEPTEUR EN MODE 2

6.4.3.3.1 *Temps de retournement réception-émission.* Une station transmet la séquence d'apprentissage de façon que le centre du premier symbole du mot unique soit transmis moins de 1,25 ms après une tentative d'accès fructueuse (voir Figure 6-3). La variation totale de fréquence pendant la transmission du mot unique est inférieure à 10 Hz. Après la transmission du mot unique, l'accélération de phase est inférieure à 500 Hz/s.

6.4.3.3.2 *Temps de retournement émission-réception.* La puissance de l'émetteur est de -20 dBc moins de 2,5 périodes de symbole à partir du milieu du dernier symbole de la rafale. La fuite de puissance de l'émetteur quand il est en veille est inférieure à -83 dBm. Une station peut, en respectant les performances nominales, recevoir et démoduler un signal entrant moins de 1,5 ms après la transmission du dernier symbole d'information.



6.4.3.4 PARAMÈTRES SYSTÈME DE LA COUCHE PHYSIQUE DU MODE 2

6.4.3.4.1 La couche physique met en œuvre le paramètre système défini au Tableau 6-4.

6.4.3.4.1.1 *Paramètre P1 (longueur minimale de la transmission)*. Le paramètre P1 est la longueur minimale de la transmission que peut démoduler un récepteur sans dégradation du taux d'erreurs sur les bits.

6.4.4 Couche physique propre au mode 3

La spécification de la couche physique propre au mode 3 comprend une description de la transmission sur liaison montante de la rafale de gestion (M) et de la rafale du message de vérification de transfert (H) mode 3, de la transmission sur liaison descendante de la rafale M, de la rafale voix ou données (V/D) et de l'embrouillage des bits.

6.4.4.1 *Transmission sur liaison montante de la rafale de gestion (M) et de la rafale du message de vérification de transfert (H)*. La rafale M montante (décrite dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 3) est constituée de 3 segments, à savoir la séquence d'apprentissage suivie des données système et de la baisse de la puissance de l'émetteur. La rafale H montante (décrite dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 3) est constituée de 3 segments, à savoir la séquence d'apprentissage suivie du message de vérification du transfert et de la baisse de la puissance de l'émetteur.

6.4.4.1.1 *Séquence d'apprentissage*. La séquence d'apprentissage des rafales M et H montantes est constituée des deux éléments suivants :

- a) montée et stabilisation de la puissance de l'émetteur ;
- b) synchronisation et résolution de l'ambiguïté.

6.4.4.1.1.1 *Montée et stabilisation de la puissance de l'émetteur*. Ces caractéristiques sont définies au § 6.4.3.1.1.1.

6.4.4.1.1.2 *Synchronisation et résolution de l'ambiguïté*. Le deuxième élément de la séquence d'apprentissage est constitué de la séquence de synchronisation dite S₂^{*}, comme suit :

000 001 101 100 110 010 111 100 010 011 101 000
111 000 011 001

et sera émis de gauche à droite.



6.4.4.1.3 *Baisse de la puissance de l'émetteur.* La puissance de l'émetteur est de -20 dBc moins de 2,5 périodes de symbole à partir du milieu du dernier symbole de la rafale. La fuite de puissance de l'émetteur quand il est en veille est inférieure à -83 dBm.

6.4.4.2 *Transmission sur liaison descendante de la rafale de gestion (M).* La rafale M descendante (décrite dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 3) est constituée de trois segments, à savoir la séquence d'apprentissage suivie des données système et de la baisse de la puissance de l'émetteur.

6.4.4.2.1 *Séquence d'apprentissage.* La séquence d'apprentissage de la rafale M descendante est constituée des deux éléments suivants :

- a) montée et stabilisation de la puissance de l'émetteur ;
- b) synchronisation et résolution de l'ambiguïté.

6.4.4.2.1.1 *Montée et stabilisation de la puissance de l'émetteur.* Cet élément est défini comme il est indiqué au § 6.4.4.1.1.1.

6.4.4.2.1.2 *Synchronisation et résolution de l'ambiguïté.* Trois séquences de synchronisation distinctes sont utilisées pour ce type de rafale. La séquence standard, dite S_1 , est comme suit :

000 111 001 001 010 110 000 011 100 110 011 111
010 101 100 101

et elle est émise de gauche à droite. La séquence spéciale utilisée pour identifier les réponses à une invitation à émettre est définie comme il est indiqué au § 6.4.4.1.1.2.

La séquence spéciale utilisée pour identifier les demandes d'entrée dans le réseau (S_1^*) est la suivante :

000 001 111 111 100 000 110 101 010 000 101 001
100 011 010 011

et elle est émise de gauche à droite.

La séquence S_1^* est très étroitement apparentée à la séquence S_1 . Les 15 changements de phase entre les 16 symboles de S_1^* sont déphasés chacun d'exactly 180° par rapport à ceux de la séquence S_1 . Cette relation peut être utilisée pour simplifier le processus de recherche simultanée des deux séquences.

6.4.4.2.2 *Données système.* Le segment de données système est constitué de 16 symboles transmis. Les 48 bits transmis sont codés sous forme de 24 bits de données.

système et 24 bits de parité générés sous forme de 2 mots-codes Golay (24, 12) consécutifs. Le codage des mots-codes Golay (24, 12) doit être conforme aux dispositions du § 6.4.4.1.2.

6.4.4.2.3 *Baisse de la puissance de l'émetteur.* La baisse de la puissance de l'émetteur doit être conforme aux dispositions du § 6.4.4.1.3.

6.4.4.3 *Rafale voix ou données (V/D).* La rafale V/D (décrite dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 3) est constituée de 4 segments, à savoir la séquence d'apprentissage suivie d'un en-tête, de l'information d'utilisateur et de la baisse de la puissance de l'émetteur. Le format de rafale V/D utilisé est le même en liaison montante et en liaison descendante.

6.4.4.3.1 *Séquence d'apprentissage.* La séquence d'apprentissage de la rafale V/D est constituée des deux éléments suivants :

- a) montée et stabilisation de la puissance de l'émetteur ;
- b) synchronisation et résolution de l'ambiguïté.

6.4.4.3.1.1 *Montée et stabilisation de la puissance de l'émetteur.* Cet élément est conforme aux spécifications du § 6.4.4.1.1.1.

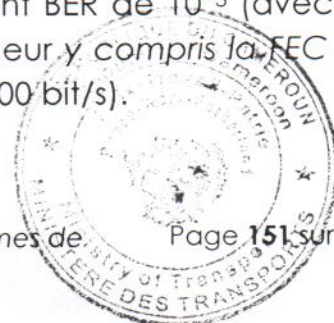
6.4.4.3.1.2 *Synchronisation et résolution de l'ambiguïté.* Le second élément de la séquence d'apprentissage est constitué de la séquence de synchronisation dite S_2 , comme suit :

000 111 011 010 000 100 001 010 100 101 011 110
001 110 101 111

et elle est émise de gauche à droite.

6.4.4.3.2 *En-tête.* Le segment correspondant à l'en-tête est constitué de 8 symboles transmis. Les 24 bits transmis sont codés sous forme de 12 bits d'information d'en-tête et de 12 bits de parité, générés sous forme d'un mot-code Golay (24, 12) simple. Le codage du mot-code Golay (24, 12) est conforme aux dispositions du § 6.4.4.1.2.

6.4.4.3.3 *Information de l'utilisateur.* Le segment correspondant à l'information de l'utilisateur est constitué de 192 symboles de 3 bits. Dans le cas d'une transmission vocale, la FEC est appliquée à la sortie d'analyse du vocodeur spécifié au § 6.8. Le vocodeur fonctionne de façon satisfaisante en environnement BER de 10^{-3} (avec un objectif de calcul de 10^{-2}). Le débit binaire global du vocodeur, y compris la FEC est de 4 800 bit/s (sauf en mode tronqué, dans lequel il est de 4 000 bit/s).



6.4.4.3.3.1 Dans le cas d'une transmission de données d'utilisateur, les 576 bits sont codés sous forme d'un mot-code Reed-Solomon (72, 62) d'ordre binaire 2^8 simple. Si l'entrée de données d'utilisateur dans le codeur Reed-Solomon compte moins de 496 bits, elle est étoffée au moyen de zéros placés à la fin jusqu'à ce que sa longueur atteigne 496 bits. Le champ qui définit le polynôme de la primitive du code est conforme aux dispositions du § 6.4.3.1.2.1. Le polynôme générateur est comme suit :

$$\prod_{i=1}^{129} (x - \alpha^i)$$

Le code Reed-Solomon (72, 62) peut corriger jusqu'à 5 erreurs de symbole d'ordre binaire 2^8 (mot-code) dans le mot reçu.

6.4.4.3.4 Baisse de la puissance de l'émetteur. Cette caractéristique est définie au § 6.4.4.1.3.

6.4.4.4 Entrelacement. Il n'y a pas d'entrelacement en mode 3.

6.4.4.5 Embrouillage des bits. En mode 3, l'embrouillage des bits spécifié au § 6.4.3.1.4 est appliqué à chaque rafale, en commençant après la séquence d'apprentissage. La séquence d'embrouillage est réinitialisée à chaque rafale, permettant ainsi un recouvrement constant de chacune des rafales de longueur fixe du mode 3.

6.4.4.6 Interaction entre l'émetteur et le récepteur. Les temps de retournement en question dans la présente section sont définis comme correspondant au temps entre le milieu du dernier symbole d'information d'une rafale et le milieu du premier symbole de la séquence de synchronisation de la rafale suivante.

Ce temps nominal sera raccourci par des éléments tels que la largeur finie de chaque symbole due au filtrage Nyquist et la séquence de montée et de stabilisation de la puissance. De telles autres définitions pourraient donner lieu à des temps de retournement jusqu'à 8 périodes de symbole plus courts.

6.4.4.6.1 Temps de retournement réception-émission. Les stations radio de bord peuvent passer du mode réception au mode émission en moins de 17 périodes de symbole. Ce temps peut être de 33 périodes de symbole dans le cas des stations radio de bord qui ne mettent pas en œuvre de fonctions exigeant l'adressage discret.

Le temps de retournement réception-émission le plus court se produit quand la station radio de bord reçoit un message montant sur canal M suivi d'une transmission voix ou données dans le même créneau. Dans certains cas où la station radio de bord ne met pas en œuvre de fonctions exigeant l'adressage discret, le temps de retournement réception - émission peut être augmenté puisque la lecture des deux derniers mots Golay du signal sur canal M montant n'est pas nécessaire.



Le temps de retournement minimal suppose que, dans les configurations 3VID, 2VID et 3T (décrites au § 5.5.2.4 du Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 3), les stations radio de bord contiendront un logiciel qui les empêchera d'émettre après un long délai un message descendant sur canal M après avoir reçu un message vocal d'un autre aéronef.

6.4.4.6.2 Temps de retournement émission-réception. Les stations radio de bord peuvent passer du mode émission au mode réception en moins de 32 périodes de symbole.

Le pire temps de retournement émission-réception se produit quand la station radio de bord émet un message sur canal M descendant et reçoit un message voix ou données dans le même créneau.

6.4.4.7 INDICATION DE LIMITE DE COUVERTURE

6.4.4.7.1 Une indication de proximité de limite de couverture est envoyée aux aéronefs VDL mode 3.

6.5 PROTOCOLES ET SERVICES DE LA COUCHE LIAISON

6.5.1 Renseignements généraux

6.5.1.1 Fonctions. La couche liaison de la VDL assure les fonctions de sous-couche suivantes :

a) sous-couche commande d'accès au support (MAC), qui exige l'utilisation de l'algorithme d'accès multiple avec détection de porteuse (AMDP) pour le mode 2, et AMRT pour le mode 3 ;

b) sous-couche service de liaison de données (DLS), qui :

- 1) pour le mode 2, fournit des liaisons point à point en mode connexion en utilisant des entités de liaison de données (DLE) et une liaison de diffusion en mode sans connexion sur la sous-couche MAC ;
- 2) pour le mode 3, fournit des liaisons point à point et point-multipoint en mode sans connexion avec accusé de réception sur une sous-couche MAC qui garantit le séquençement ;



c) entité de gestion VDL (VME), qui établit et maintient les DLE entre l'aéronef et les systèmes sol au moyen d'entités de gestion de liaison (LME).

6.5.1.2 SERVICE

6.5.1.2.1 *Mode connexion.* La couche liaison VDL mode 2 assure un service point à point fiable en utilisant une sous-couche DLS en mode connexion.

6.5.1.2.2 *Mode sans connexion.* Les couches liaison VDL mode 2 et VDL mode 3 assurent un service de diffusion sans accusé de réception en utilisant une sous-couche DLS en mode sans connexion.

6.5.1.2.3 *Mode sans connexion avec accusé de réception.* La couche liaison VDL mode 3 assure un service point à point avec accusé de réception en utilisant une sous-couche DLS en mode sans connexion qui dépend de la sous-couche MAC pour garantir le séquençement.

6.5.2 Sous-couche MAC

6.5.2.1 La sous-couche MAC permet l'acquisition transparente de la voie de communication partagée en rendant invisible, pour la sous-couche DLS, la façon dont les ressources de communication auxiliaires sont utilisées pour acquérir la voie.

Les manuels des spécifications techniques de la VDL mode 2 et mode 3 décrivent les services et procédures spécifiques de la sous-couche MAC de la VDL mode 2 et mode 3.

6.5.3 Sous-couche de service de liaison de données

6.5.3.1 La sous-couche DLS mode 2 prend en charge les communications air-sol en mode simplex au niveau du bit en recourant au protocole de commande de liaison VHF — aviation (AVLC).

Les définitions des services de liaison de données, des paramètres et des protocoles spécifiques de la VDL mode 2 figurent dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 2.

6.5.3.2 La sous-couche DLS du mode 3 prend en charge les communications air-sol en mode simplex, à base de priorité, au niveau du bit, en recourant au protocole de liaison de données en mode sans connexion avec accusé de réception (A-CLDL).

Les définitions des services de liaison de données, des paramètres et des protocoles spécifiques de la VDL mode 3 figurent dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 3.



6.5.4 Entité de gestion VDL

6.5.4.1 Services. La VME assure des services d'établissement, de maintien et de suppression de liaison et elle permet la modification des paramètres. Les services, formats de paramètre et procédures VME propres aux modes 2 et 3 sont décrits dans les manuels des spécifications techniques de la VDL mode 2 et mode 3.

6.6 PROTOCOLES ET SERVICES DE LA COUCHE SOUS-RÉSEAU

6.6.1 Architecture du mode 2

6.6.1.1 Le protocole de couche sous-réseau utilisé dans tout le sous-réseau air-sol VHF pour ce qui est de la VDL mode 2 s'appelle officiellement protocole d'accès au sous-réseau (SNAcP), et il sera conforme à la norme ISO 8208, sauf comme il est indiqué dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 2. Le protocole SNAcP figure dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 2 comme le protocole de sous-réseau. En cas de divergence entre le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 2 et les normes citées, le Manuel a préséance. À l'interface air-sol, l'entité de sous-réseau embarquée jouera le rôle d'ETTD et l'entité de sous-réseau sol, le rôle d'ETCD.

Les points d'accès au protocole de couche sous-réseau, les services, les formats de paquet, les paramètres et les procédures propres à la VDL mode 2 sont décrits dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 2.

6.6.2 Architecture du mode 3

6.6.2.1 La couche sous-réseau utilisée dans tout le sous-réseau air-sol VHF pour ce qui est de la VDL mode 3 offre une flexibilité qui permet d'utiliser plusieurs protocoles de sous-réseau en même temps. Les options actuellement définies consistent à prendre en charge le protocole de réseau en mode sans connexion ISO 8473 et la norme ISO 8208, qui sont tous deux décrits dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 3. En cas de différence par rapport aux normes citées, le Manuel a préséance. Dans le cas de l'interface ISO 8208, les entités de sous-réseau embarquées et sol jouent le rôle d'ETCD.

Les points d'accès au protocole de couche sous-réseau, les services, les formats de paquet, les paramètres et les procédures propres à la VDL mode 3 sont décrits dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 3.



6.7 FONCTION DE CONVERGENCE DÉPENDANTE DU SOUS-RÉSEAU (SNDCF) MOBILE DE LA VDL

6.7.1 SNDCF de la VDL mode 2

6.7.1.1 *Introduction.* La SNDCF mobile de la VDL mode 2 est la SNDCF mobile standard.

6.7.1.2 *Nouvelle fonction.* La SNDCF mobile de la VDL mode 2 prend en charge le maintien du contexte (par exemple, les tables de compression) d'une communication de sous-réseau à l'autre. La SNDCF utilise le même contexte (tables de compression) sur tous les CVC négociés avec un ETTD, lorsqu'ils ont été négociés avec les mêmes paramètres. La SNDCF prend en charge au moins deux CVC qui partagent un contexte.

Vu que les transferts peuvent réorganiser les paquets, certains algorithmes de compression ne peuvent pas être utilisés sur la VDL mode 2. De plus, les personnes chargées de la mise en application d'algorithmes de compression fondés sur un dictionnaire doivent être conscientes du problème posé par les mises à jour qui peuvent être reçues sur l'ancienne communication ou sur la nouvelle.

Le codage du champ données d'appel de l'utilisateur est décrit dans le Doc 9705 avec les modifications indiquées dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 2.

6.7.2 SNDCF de la VDL mode 3

6.7.2.1 La VDL mode 3 prend en charge au moins une des SNDCF définies. La première est la SNDCF standard ISO 8208 définie dans le Doc 9705. Il s'agit d'une SNDCF en mode connexion. Le deuxième type de SNDCF prise en charge par la VDL mode 3 est appelé SNDCF à base de trames. Les renseignements sur cette SNDCF en mode sans connexion, notamment sur l'interface de couche réseau, sur la prise en charge des paquets de réseau en modes émission et destination unique ainsi que sur la prise en charge du routeur ATN, figurent dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 3.

La SNDCF à base de trames doit son nom au fait qu'elle utilise les trames de la VDL mode 3 sans nécessiter de protocole supplémentaire (à savoir SNDCF ISO 8208) pour transférer les paquets de réseau. Elle réalise l'indépendance par rapport au protocole de réseau en identifiant la charge utile de chaque trame. Sur réception d'une trame, la charge utile est examinée, puis la commande est transférée au protocole identifié.



6.8 UNITÉ VOCALE DU MODE 3

6.8.1 Services

6.8.1.1 L'unité vocale assure des fonctions d'interface audio en mode simplex avec «poussoir de conversation» et d'interface de signalisation entre l'utilisateur et la VDL. Deux types distincts de circuits vocaux s'excluant mutuellement sont pris en charge :

- a) Les circuits spécialisés, qui permettent de fournir un service à un groupe précis d'utilisateurs, sur une base exclusive, sans partage du circuit avec des utilisateurs extérieurs au groupe. L'accès se fait sur la base du principe «écouter avant d'émettre».
- b) Les circuits à assignation à la demande, grâce auxquels l'accès à un circuit vocal est géré par la station sol en réponse à une demande à cet effet reçue de la station d'aéronef. Ce mode de fonctionnement permet le partage dynamique du canal, ce qui augmente l'efficacité de la commutation.

6.8.1.2 *Accès prioritaire.* L'unité vocale permet un accès prioritaire en faveur d'utilisateurs sol autorisés.

6.8.1.3 *Indication de l'origine du message.* L'unité vocale permet la notification de l'origine du message reçu à l'utilisateur (c'est-à-dire si le message provient d'une station de bord ou d'une station au sol).

6.8.1.4 *Réglage silencieux codé.* L'unité vocale permet un fonctionnement avec réglage silencieux codé offrant un certain degré de rejet des messages vocaux non désirés reçus sur le même canal, fondé sur le temps d'arrivée des rafales.

6.8.2 Codage de la parole, paramètres et procédures

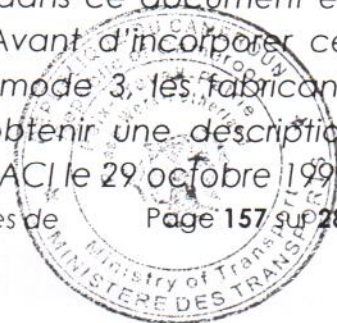
6.8.2.1 Pour le codage et le décodage des communications vocales, la VDL mode 3 utilise l'algorithme évolué d'excitation multibande (AMBE) à 4,8 kbit/s, version AMBE-ATC-10, mis au point par Digital Voice Systems, Incorporated (DVSI).

Les renseignements sur les caractéristiques techniques de l'algorithme AMBE à 4,8 kbit/s figurent dans le document AMBE-ATC-10 Low Level Description, que l'on peut se procurer auprès de DVSI.

L'algorithme de codage/décodage AMBE à 4,8 kbit/s décrit dans ce document est soumis aux droits de brevet et d'auteur que détient DVSI. Avant d'incorporer cet algorithme dans de l'équipement utilisé pour le service VDL mode 3, les fabricants doivent conclure un contrat de licence avec DVSI afin d'obtenir une description détaillée de l'algorithme. Dans la lettre qu'elle a envoyée à l'OACI le 29 octobre 1999,

Annexe à l'arrêté fixant les dispositions applicables aux systèmes de télécommunications aéronautiques au Cameroun

Page 157 sur 286



DVSI a confirmé son engagement à accorder une licence d'exploitation de cette technologie pour la fabrication et la vente d'équipement aéronautique, à des conditions raisonnables, négociées sans pratiques discriminatoires.

6.8.2.2 La définition du codage de la parole, les paramètres et la description des procédures d'utilisation de l'unité vocale VDL mode 3 figurent dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 3.

6.9 VDL MODE 4

6.9.1 Les stations VDL mode 4 sont conformes aux spécifications des § 6.1.2.3, 6.1.4.2, 6.2.1.1, 6.2.3.1, 6.2.4, 6.3.1, 6.3.3.1, 6.3.4, 6.3.5.1, 6.3.5.2, 6.3.5.3, 6.3.5.4.1 et 6.9.

6.9.2 Canaux radioélectriques de la VDL mode 4

6.9.2.1 GAMME DE RADIOFRÉQUENCES DES STATIONS VDL MODE 4

6.9.2.1.1 *Gamme d'accord de l'émetteur/récepteur.* Un émetteur/récepteur VDL mode 4 peut se régler sur n'importe quel canal de 25 kHz entre 117,975 MHz et 137 MHz. L'émetteur comprend un moyen de limiter la gamme d'accord à une gamme plus étroite.

Les conditions de fonctionnement ou certaines applications peuvent imposer d'utiliser l'équipement dans une gamme de fréquences plus étroite.

6.9.2.1.2 Un émetteur/récepteur VDL mode 4 peut se régler sur n'importe quel canal de 25 kHz entre 108 et 117,975 MHz.

La bande 108 – 117,975 MHz peut être utilisée conformément aux dispositions pertinentes du Règlement des radiocommunications de l'UIT.

6.9.2.1.3 *Réception simultanée.* Une station VDL mode 4 pourra recevoir deux canaux en même temps.

6.9.2.1.4 *Une station VDL mode 4 peut recevoir d'autres canaux en même temps selon les besoins des services opérationnels.*

6.9.2.2 CANAUX MONDIAUX DE SIGNALISATION

6.9.2.2.1 Les stations VDL mode 4 utilisent deux fréquences assignées comme canaux mondiaux de signalisation (GSC) pour prendre en charge les communications des utilisateurs et les fonctions de gestion de liaison.



Des canaux supplémentaires peuvent être établis dans un domaine local et notifiés aux utilisateurs mobiles au moyen d'une diffusion par des stations sol sur les GSC définis ci-dessus.

6.9.3 Possibilités du système

6.9.3.1 *Compatibilité ATN.* Le système VDL mode 4 prend en charge des services de sous-réseau compatibles avec l'ATN pour les applications de surveillance.

6.9.3.2 *Transparence des données.* Le système VDL mode 4 assure le transfert des données indépendamment du code et des octets utilisés.

6.9.3.3 *Diffusion.* Le système VDL mode 4 assure des services de diffusion de couche liaison.

6.9.3.4 *Point à point.* Le système VDL mode 4 assure des services point à point de couche liaison.

6.9.3.5 *Communications air-air.* Le système VDL mode 4 permet des communications air-air sans aide au sol, ainsi que des communications air-sol.

6.9.3.6 *Gestion des connexions.* Dans le cas de communications air-sol, le système VDL mode 4 établit et maintient une voie de communication fiable entre l'aéronef et le système sol tout en permettant, quoique sans l'exiger, l'intervention humaine.

6.9.3.7 *Passage à un autre réseau sol.* Une station DLS mobile VDL mode 4 passe d'une station sol DLS VDL mode 4 à une autre station sol selon les besoins.

6.9.3.8 *Possibilité de détermination du temps.* La VDL mode 4 donne la possibilité de déterminer le temps à partir de mesures du temps d'arrivée des transmissions VDL mode 4 reçues chaque fois que l'on ne dispose pas d'estimations de temps réalisées par un moyen extérieur.

6.9.3.9 *Fonctionnement en mode simplex.* Les stations VDL mode 4 mobiles et sol accèdent au support physique en mode simplex.

6.9.4 Coordination de l'utilisation des canaux

6.9.4.1 Les transmissions sont programmées, sur une base régionale, par rapport au temps UTC, afin de garantir l'utilisation efficace des canaux partagés et d'éviter la réutilisation non intentionnelle de créneaux.

6.9.5 Protocoles et services de la couche physique



Sauf indication contraire, les spécifications figurant dans la présente section s'appliquent à la fois aux stations mobiles et aux stations sol.

6.9.5.1 FONCTIONS

6.9.5.1.1 PUISSANCE ÉMISE

6.9.5.1.1.1 *Installation embarquée.* La puissance apparente rayonnée est suffisante pour fournir une intensité de champ d'au moins $35 \mu\text{V/m}$ ($-114,5 \text{ dBW/m}^2$), en supposant une propagation directe, aux distances et aux altitudes correspondant aux conditions des régions au-dessus desquelles l'aéronef est utilisé.

6.9.5.1.1.2 *Installation au sol*

La puissance apparente rayonnée est suffisante pour fournir une intensité de champ d'au moins $75 \mu\text{V/m}$ (-109 dBW/m^2) dans le volume de portée utile défini de l'installation, en supposant une propagation en espace libre.

6.9.5.1.2 COMMANDE DE LA FRÉQUENCE DE L'ÉMETTEUR ET DU RÉCEPTEUR

6.9.5.1.2.1 La couche physique VDL mode 4 règle l'émetteur ou le récepteur à la fréquence commandée par l'entité de gestion de liaison (LME). Le temps de sélection du canal est inférieur à 13 ms après la réception d'une commande en provenance d'un utilisateur VSS.

6.9.5.1.3 RÉCEPTION DES DONNÉES

6.9.5.1.3.1 Le récepteur décode les signaux d'entrée et les communique aux couches supérieures pour traitement.

6.9.5.1.4 ÉMISSION DES DONNÉES

6.9.5.1.4.1 *Codage et émission des données.* La couche physique code les données reçues de la couche liaison de données et les émet sur le canal RF. L'émission n'est effectuée que lorsque la sous-couche MAC l'autorise.

6.9.5.1.4.2 *Ordre d'émission.* L'émission est constituée des étapes suivantes, dans l'ordre suivant :

- a) stabilisation de la puissance de l'émetteur ;
- b) synchronisation des bits ;
- c) résolution de l'ambiguïté et émission des données ;



d) baisse de la puissance de l'émetteur.

Les étapes sont définies aux § 6.9.5.2.3.1 à 6.9.5.2.3.4.

6.9.5.1.4.3 *Arrêt automatique de l'émetteur.* Une station VDL mode 4 coupe automatiquement l'alimentation de tout amplificateur d'étage final dont la puissance de sortie dépasse -30 dBm pendant plus de 1 seconde. La remise en mode opérationnel de l'amplificateur nécessite une intervention manuelle.

Cette mesure a pour but de protéger le canal partagé contre les « émetteurs bloqués ».

6.9.5.1.5 SERVICES DE NOTIFICATION

6.9.5.1.5.1 *Qualité du signal.* La surveillance des paramètres d'exploitation de l'équipement s'effectue au niveau de la couche physique. La qualité du signal est analysée pendant le processus de démodulation et le processus de réception.

Les processus qui peuvent être évalués dans le démodulateur comprennent le taux d'erreurs sur les bits (BER), le rapport signal/bruit (SNR) et la gigue de rythme. Les processus qui peuvent être évalués dans le récepteur comprennent le niveau du signal reçu et le temps de propagation de groupe.

6.9.5.1.5.2 *Temps d'arrivée.* Le temps d'arrivée de chaque émission reçue est mesuré avec une erreur deux-sigma de $5 \mu\text{s}$.

6.9.5.1.5.3 *Le récepteur soit capable de mesurer le temps d'arrivée avec une erreur deux-sigma inférieure à $1 \mu\text{s}$.*

6.9.5.2 DÉFINITION DU PROTOCOLE POUR LA MODULATION GFSK

6.9.5.2.1 *Système de modulation.* Le système de modulation est la modulation GFSK. Le premier bit émis (dans la séquence d'apprentissage) sera une tonalité élevée, et la tonalité émise est basculée avant l'émission d'un 0 (c'est-à-dire codage inversé sans retour à zéro).

6.9.5.2.2 *Rapidité de modulation.* Les 1 et les 0 binaires sont générés avec un indice de modulation de $0,25 \pm 0,03$ et un produit BT de $0,28 \pm 0,03$, ayant pour résultat un débit de transmission de données de $19\,200 \text{ bit/s} \pm 50 \text{ ppm}$.

6.9.5.2.3 ÉTAPES DE L'ÉMISSION

6.9.5.2.3.1 *Stabilisation de la puissance de l'émetteur.* Le premier segment de la séquence d'apprentissage correspond à la stabilisation de la puissance de l'émetteur; il a une durée de 16 périodes de symbole. À la fin du segment de stabilisation, le niveau de puissance de l'émetteur a atteint au moins 90 % du régime établi.

6.9.5.2.3.2 *Synchronisation des bits.* Le deuxième segment de la séquence d'apprentissage est la séquence binaire de 24 bits 0101 0101 0101 0101 0101 0101, émise de gauche à droite immédiatement avant le début du segment de données.

6.9.5.2.3.3 *Résolution de l'ambiguïté et émission des données.* L'émission du premier bit de données commence 40 intervalles de bit (environ 2 083,3 μ s) \pm 1 μ s après le début nominal de la transmission.

Par rapport aux émissions à la sortie de l'antenne.

La résolution de l'ambiguïté est effectuée par la couche liaison.

6.9.5.2.3.4 *Baisse de la puissance de l'émetteur.* Le niveau de la puissance émise baisse d'au moins 20 dB en moins de 300 μ s après la fin de l'émission. Le niveau de la puissance de l'émetteur est inférieur à -90 dBm moins de 832 μ s après la fin de l'émission.

6.9.5.3 DÉTECTION DE CANAL

6.9.5.3.1 *Estimation du bruit résiduel.* Chaque fois qu'elle ne détecte pas une séquence d'apprentissage valide, une station VDL mode 4 estime le bruit résiduel en fonction de mesures de la puissance du canal.

6.9.5.3.2 L'algorithme utilisé pour estimer le bruit résiduel est tel que le bruit résiduel estimé est inférieur à la valeur maximale de la puissance mesurée sur le canal pendant la dernière minute lorsque celui-ci est considéré comme étant libre.

Le récepteur VDL mode 4 utilise un algorithme de détection d'énergie comme un des moyens de déterminer l'état du canal (libre ou occupé). Le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 4 décrit un algorithme qui peut être utilisé pour estimer le bruit résiduel.

6.9.5.3.3 *Détection libre-occupé.* Une station VDL mode 4 utilise les moyens suivants pour déterminer le passage de l'état libre à l'état occupé d'un canal au niveau de la couche physique.

6.9.5.3.3.1 *Détection d'une séquence d'apprentissage.* Le canal est déclaré occupé si la station VDL mode 4 détecte une séquence d'apprentissage valide suivie d'un drapeau de trame.

6.9.5.3.3.2 *Mesure de la puissance du canal.* Indépendamment de la capacité du démodulateur à détecter une séquence d'apprentissage valide, une station VDL mode 4 considère, avec une probabilité d'au moins 95 %, que le canal est occupé moins de 1 ms après que la puissance détectée sur le canal a atteint l'équivalent d'au moins quatre fois le bruit résiduel estimé pendant au moins 0,5 ms.

6.9.5.3.4 DÉTECTION OCCUPÉ-LIBRE

6.9.5.3.4.1 Une station VDL mode 4 utilise les moyens suivants pour déterminer le passage de l'état occupé à l'état libre d'un canal.

6.9.5.3.4.2 *Mesure de la longueur de la transmission.* Après détection de la séquence d'apprentissage, l'état occupé est maintenu pendant au moins 5 ms et, par la suite, le canal peut passer à l'état libre en fonction de la mesure de la puissance du canal.

6.9.5.3.4.3 *Mesure de la puissance du canal.* Quand elle n'est pas maintenue à l'état «canal occupé», une station VDL mode 4 considère, avec une probabilité d'au moins 95 %, que le canal est libre si la puissance détectée sur le canal tombe sous l'équivalent de deux fois le bruit résiduel estimé pendant au moins 0,9 ms.

6.9.5.4 INTERACTION ENTRE LE RÉCEPTEUR ET L'ÉMETTEUR

6.9.5.4.1 *Temps de retournement réception-émission.* Une station VDL mode 4 peut commencer à émettre la séquence de stabilisation de la puissance de l'émetteur moins de 16 μ s après la fin de la réception.

6.9.5.4.2 *Changement de fréquence pendant l'émission.* Du début de la séquence de synchronisation jusqu'au drapeau de fin des données, l'accélération de phase de la porteuse est inférieure à 300 Hz/s.

6.9.5.4.3 *Temps de retournement émission-réception.* Une station VDL mode 4 peut, en assurant une performance nominale, recevoir et démoduler un signal entrant moins de 1 ms après la fin d'une émission.

La performance nominale est définie comme correspondant à un taux d'erreurs sur les bits de 10^{-4} .

6.9.5.5 PARAMÈTRES SYSTÈME DE LA COUCHE PHYSIQUE



6.9.5.5.1 PARAMÈTRE P1 (LONGUEUR MINIMALE DE LA TRANSMISSION)

6.9.5.5.1.1 Un récepteur peut démoduler une transmission d'une longueur minimale P1 sans dégradation du taux d'erreurs sur les bits.

6.9.5.5.1.2 La valeur de P1 sera de 19 200 bits.

6.9.5.5.2 PARAMÈTRE P2 (PERFORMANCE NOMINALE EN MATIÈRE DE BROUILLAGE DANS LE MÊME CANAL)

6.9.5.5.2.1 Le paramètre P2 est la valeur nominale de brouillage dans le même canal à laquelle le récepteur peut effectuer une démodulation sans dégradation du taux d'erreurs sur les bits.

6.9.5.5.2.2 La valeur de P2 sera 12 dB.

6.9.5.6 CARACTÉRISTIQUES D'IMMUNITÉ DES SYSTÈMES RÉCEPTEURS DE LA VDL MODE 4 À L'ÉGARD DU BROUILLAGE CAUSÉ PAR LA RADIODIFFUSION FM

6.9.5.6.1 Les stations VDL mode 4 sont conformes aux spécifications du § 6.3.5.4 lorsqu'elles fonctionnent dans la bande 117,975 – 137 MHz.

6.9.5.6.2 Les stations VDL mode 4 sont conformes aux spécifications définies ci-dessous lorsqu'elles fonctionnent dans la bande 108 – 117,975 MHz.

6.9.5.6.2.1 Le système récepteur de la VDL mode 4 satisfait aux spécifications du § 6.3.5.1 en présence de produits d'intermodulation du troisième ordre de deux signaux de radiodiffusion FM VHF dont les niveaux correspondent aux équations suivantes :

$$2N_1 + N_2 + 72 \leq 0$$

pour les signaux de radiodiffusion sonore FM VHF dans la gamme de fréquences 107,7 – 108,0 MHz et

$$2N_1 + N_2 + 3 \left\{ 24 - 20 \log \frac{\Delta f}{0,4} \right\} \leq 0$$

pour les signaux de radiodiffusion sonore FM VHF sur les fréquences inférieures à 107,7 MHz,



les fréquences des deux signaux de radiodiffusion sonore FM VHF donnant naissance, dans le récepteur, à un produit d'intermodulation du troisième ordre de deux signaux sur la fréquence VDL mode 4 désirée.

N_1 et N_2 sont les niveaux (dBm) des deux signaux FM VHF à l'entrée du récepteur de la VDL mode 4. Aucun de ces niveaux n'excédera les critères de désensibilisation spécifiés au § 6.9.5.6.2.2.

$\Delta f = 108,1 - f_1$, f_1 étant la fréquence de N_1 , qui est le signal de radiodiffusion sonore FM VHF le plus proche de 108,1 MHz.

Comme les spécifications d'immunité à l'égard de l'intermodulation FM ne sont pas appliquées aux canaux VDL mode 4 fonctionnant au-dessous de 108,1 MHz, les fréquences inférieures à 108,1 MHz sont exclues des assignations générales.

6.9.5.6.2.2 Le système récepteur de la VDL mode 4 n'est pas désensibilisé par les signaux de radiodiffusion FM VHF dont les niveaux correspondent aux Tableaux 6-5 et 6-6.

6.9.6 Couche liaison

Les renseignements sur les fonctions de la couche liaison figurent dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 4.

6.9.7 Couche sous-réseau et SNDCF

Les renseignements sur les fonctions de la couche sous-réseau et sur la SNDCF figurent dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 4.

6.9.8 Applications ADS-B

Les renseignements sur les fonctions de l'application ADS-B figurent dans le Manuel des spécifications techniques de la VDL mode 4.

TABLEAUX DU CHAPITRE 6

Tableau 6-1. Codage des données en mode 2 et en mode 3

X_k	Y_k	Z_k	$\Delta\phi_k$
0	0	0	$0\pi / 4$
0	0	1	$1\pi / 4$
0	1	1	$2\pi / 4$
0	1	0	$3\pi / 4$
1	1	0	$4\pi / 4$



1	1	1	$5\pi/4$
1	0	1	$6\pi/4$
1	0	0	$7\pi/4$

Tableau 6-2. Stabilité de la modulation en mode 2 et en mode 3

Mode de VDL	Stabilité de la modulation Aéronef	Stabilité de la modulation Sol
Mode 2	$\pm 0,0050\%$	$\pm 0,0050\%$
Mode 3	$\pm 0,0005\%$	$\pm 0,0002\%$

Tableau 6-3. Fonctions d'embrouillage

Fonction	Données d'entrée	Données de sortie
Embrouillage	Données nettes	Données embrouillées
Désembrouillage	Données embrouillées	Données nettes

Tableau 6-4. Paramètre système des services de la couche physique

Symbole	Nom du paramètre	Valeur en mode 2
P1	Longueur minimale de la transmission	131 071 bits

Tableau 6-5. VDL mode 4 fonctionnant sur des fréquences comprises entre 108,0 et 111,975 MHz

Fréquence (MHz)	Niveau maximal du signal brouilleur à l'entrée du récepteur (dBm)
88-102	+15
104	+10
106	+5
107,9	-10

Tableau 6-6. VDL mode 4 fonctionnant sur des fréquences comprises entre 112,0 et 117,975 MHz



Fréquence (MHz)	Niveau maximal du signal brouilleur à l'entrée du récepteur (dBm)
88-104	+15
106	+10
107	+5
107,9	0

La relation est linéaire entre les points adjacents désignés par les fréquences ci-dessus.

FIGURES DU CHAPITRE 6

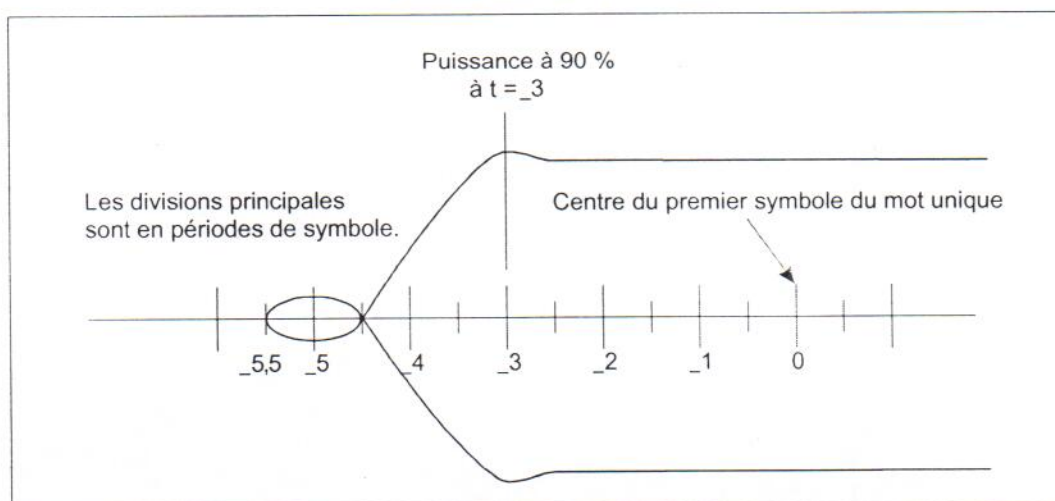


Figure 6-1. Stabilisation de la puissance de l'émetteur

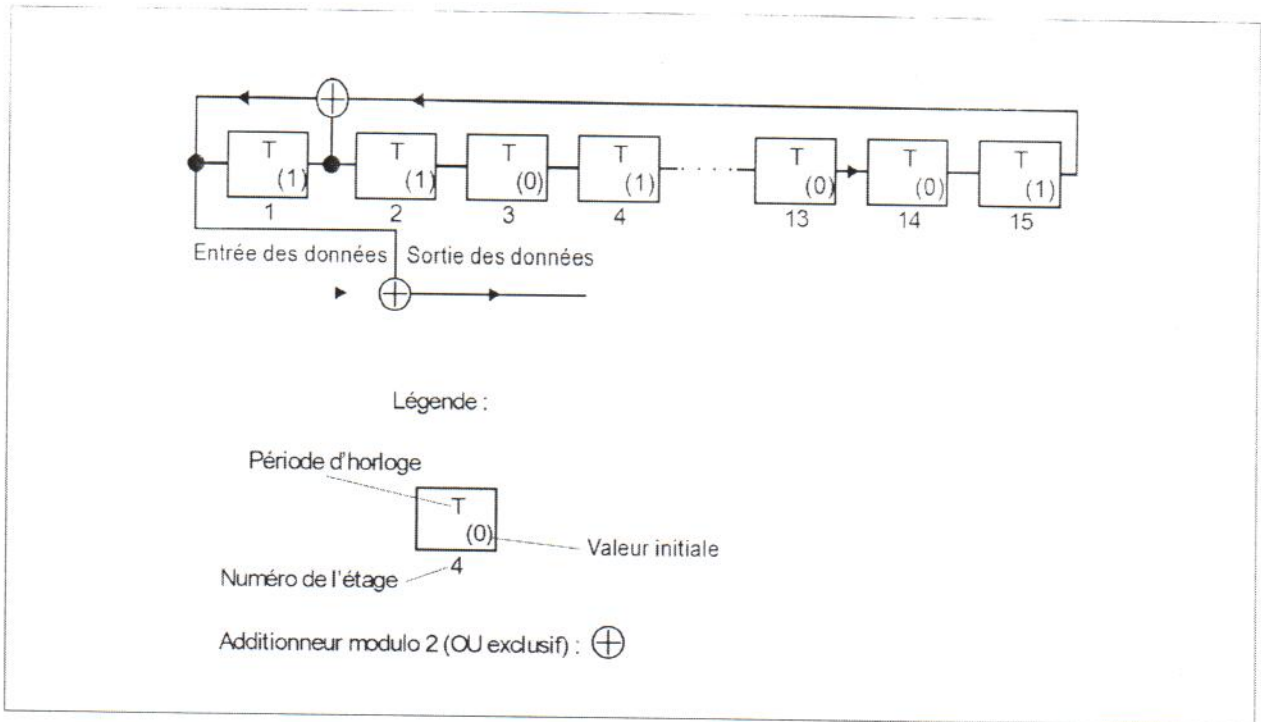


Figure 6-2. Générateur de PN pour la séquence d'embrouillage des bits

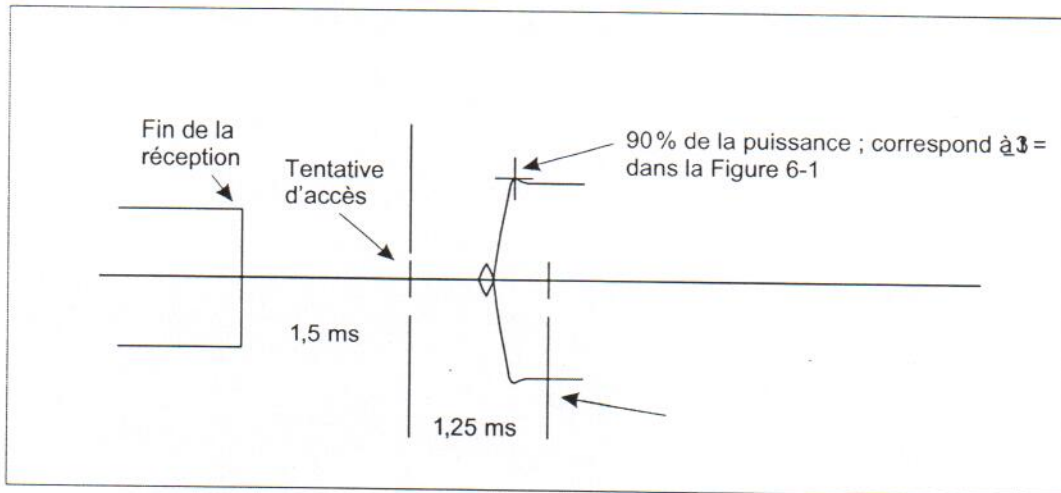


Figure 6-3. Temps de retournement réception-émission



APPENDICE AU CHAPITRE 6

RÉFÉRENCES

1. RÉFÉRENCES

Le tableau ci-dessous donne la liste des normes de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) données en référence et leur date de publication. Ces normes ISO s'appliquent dans la mesure indiquée dans les SARP.

2. RÉFÉRENCES NORMATIVES

Les SARP font référence aux normes ISO suivantes :

ISO	Titre	Date de publication
646	Technologies de l'information — Jeu ISO de caractères codés à 7 éléments pour l'échange d'informations	12/91
3309	Procédures HDLC — Structure de trame, version 3	12/93
4335	Éléments de procédures HDLC, version 3	12/93
7498	Modèle de référence de base OSI, version 1	11/94
7809	Technologies de l'information — Télécommunications et échange d'informations entre systèmes — Procédures de commande à haut niveau (HDLC) — Classes de procédures	12/93
8208	Technologies de l'information — Communications de données — Protocole X.25 de couche paquet pour terminal de données	3/90 2 ^e éd.
8885	Procédures HDLC — Format et contenu du champ d'information de la trame XID pour application générale, version [1]	12/93
8886.3	Définition du service de liaison de données OSI, version 3	6/92
10039	Réseaux locaux — Définition du service MAC, version 1	6/91



3. AUTRES DOCUMENTS

Les documents suivants sont donnés à titre de référence :

Auteur	Titre	Date de publication
UIT-R	Recommandation S.446-4, Annexe 1	
CCSDS	Telemetry Channel Coding, Recommendation for Space Data System Standards, Consultative Committee for Space Systems, CCSDS 101.0-B-3, Livre bleu	5/92

