

RECOMMANDATION UIT-R SA.1627

Besoins de télécommunication et caractéristiques des systèmes de collecte de données et de localisation de plates-formes utilisés par les services SETS et MetSat

(Question UIT-R 142/7)

(2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les systèmes de collecte de données (SCD) à satellites et de localisation de plates-formes utilisés par les services d'exploration de la Terre par satellite (SETS) et de météorologie par satellite (service MetSat) ont des besoins de télécommunication particuliers;
- b) que le statut de l'attribution au SETS dans la bande 401-403 MHz, a été relevé au statut primaire à la CMR-97;
- c) que les informations concernant les caractéristiques des SCD actuels et futurs sont utiles pour mener à bien les études fondées sur les Recommandations UIT-R SA.1162, UIT-R SA.1163 et UIT-R SA.1164,

recommande

- 1 que les spécifications et les caractéristiques décrites dans l'Annexe 1 soient prises en considération dans la planification des SCD à satellites et de localisation de plates-formes utilisés par le SETS et le service MetSat.

Annexe 1**Besoins de télécommunication et caractéristiques des SCD et de localisation de plates-formes utilisés par le SETS et le service MetSat****1 Principe et applications**

La présente Recommandation s'applique aux systèmes de collecte de données et de localisation de plates-formes utilisés par le SETS et le service MetSat. Le but d'un SCD par satellite est de mettre un réseau de télécommunication à la disposition d'utilisateurs ayant besoin d'informations de diverses sources, qui peuvent se situer n'importe où dans le monde, y compris les océans, les déserts ou d'autres régions difficiles d'accès.

Le concept d'un SCD par satellite est le suivant:

- des plates-formes automatiques, autonomes installées au sol ou montées sur un support (bateau, aéronef, aérostat, bouée fixe ou dérivante, véhicule terrestre) sont utilisées pour la transmission de paramètres météorologiques (pression, température, humidité, etc.) ou géophysiques (alertes aux tsunamis, données sismiques, océanographiques et géodésiques, etc.). Elles doivent être autant que possible légères et compactes, consommer peu d'énergie et être bon marché;

- l'information compilée et transmise par les plates-formes est reçue à bord d'un satellite et retransmise par l'intermédiaire d'une ou de plusieurs stations terriennes d'acquisition de données vers un centre de gestion du système;
- une fois centralisée, l'information est envoyée aux utilisateurs par des moyens de télécommunication classiques;
- on peut aussi prévoir, si besoin est, d'acheminer des informations du centre de gestion aux plates-formes, par l'intermédiaire du même système.

Un système de ce type diffère des systèmes de télécommunication classiques en ce sens qu'il ne peut être envisagé sans utiliser des satellites et qu'il cible une catégorie particulière de clients dont les besoins ne peuvent être satisfaits par d'autres moyens. En général, il privilégie une direction de transmission, et sert essentiellement à centraliser l'information, mais il peut être secondé par une installation destinée à la transmission d'informations aux plates-formes de collecte. Enfin, ressource très importante pour de nombreux utilisateurs, la fonction de collecte de données doit pouvoir être facilement couplée à un système de localisation chargé de déterminer les coordonnées des plates-formes de transmission.

Un SCD a plusieurs champs d'application: météorologie, ressources terrestres, hydrographie, observation sismique, vulcanologie, géodésie et géodynamique, bouées océanographiques fixes ou dérivantes, recherche pétrolière, poursuite d'animaux sauvages, etc.

2 Conception d'un système à satellites

On peut utiliser deux types d'orbites: l'orbite des satellites géostationnaires (OSG) ou l'orbite terrestre basse (LEO, *low-Earth orbits*).

2.1 Systèmes à satellites LEO

Les satellites LEO sont généralement placés sur des orbites circulaires à des altitudes comprises entre 600 et 1 800 km, avec une période de révolution d'approximativement 2 h. Toute la Terre, y compris les pôles, peut être illuminée par un seul satellite, mais le nombre de passages est relativement faible (de 3 à 4 environ par jour au-dessus de l'équateur); on peut l'augmenter en utilisant plusieurs satellites: par exemple, une douzaine de passages par jour au-dessus de l'équateur peuvent être obtenus avec trois satellites. Les passages sont beaucoup plus fréquents à proximité des pôles.

Un seul satellite sur orbite équatoriale pourrait couvrir la région tropicale de la Terre en raison d'une douzaine de passages par jour. Une constellation de satellites avec une faible inclinaison pourrait étendre considérablement la zone couverte de la Terre et compléter le système polaire.

Les plates-formes des systèmes à satellites LEO sont généralement simples, leur bilan radioélectrique étant meilleur que celui des satellites OSG. La fonction de localisation est plus facile à réaliser grâce à l'effet Doppler-Fizeau.

Cependant, ils disposent d'une zone limitée de couverture instantanée; le demi-angle géocentrique type de leur champ de vision est de l'ordre de 30° et la visibilité mutuelle entre le satellite et une balise donnée ne dure généralement que de 10 à 15 min. Par ailleurs, il est nécessaire d'enregistrer des informations à bord du satellite si l'on veut réaliser une couverture mondiale.

Un exemple type de système à satellites LEO est celui de l'Administration nationale des océans et de l'atmosphère (NOAA, National Oceanographic and Atmospheric Administration) des Etats-Unis d'Amérique qui utilise deux satellites météorologiques sur des orbites héliosynchrones. Les plans des deux orbites circulaires sont orthogonaux, l'inclinaison d'environ 98°, les altitudes de 830

et 870 km et la période orbitale d'environ 102 min. Le SCD brésilien, qui utilise des satellites en orbite de faible inclinaison (25°) placés à une altitude de 750 km et qui complète le système à satellites de la NOAA, est un autre exemple de systèmes à satellites LEO.

Les satellites de la série METOP d'EUMETSAT, dont le premier devrait être lancé en 2003, sont aussi un exemple de systèmes à satellites LEO. Ces satellites héliosynchrones sont placés à une altitude de 820 km.

2.2 Systèmes à satellites OSG

La zone de couverture géométrique d'un satellite géostationnaire est une calotte sphérique d'un demi-angle géocentrique d'approximativement 81° .

Le satellite OSG permet d'obtenir une visibilité permanente sur une vaste zone, de la taille quasiment d'un hémisphère. L'information est transmise en continu et parvient très rapidement à l'utilisateur. Toutefois, quatre satellites au moins sont nécessaires pour obtenir une couverture mondiale, à l'exclusion des régions polaires. Les plates-formes doivent être équipées d'antennes directives et/ou d'émetteurs de plus forte puissance que ceux utilisés pour des LEO. Enfin, la fonction de localisation est difficile à réaliser.

Lorsqu'on veut obtenir une transmission instantanée, qu'elle soit permanente ou à des moments déterminés, il est indispensable de recourir à un système à satellites OSG. Etant donné que de nombreuses plates-formes sont visibles depuis un satellite OSG, les transmissions des plates-formes de collecte de données (PCD) doivent occuper au maximum plusieurs centaines de canaux dans la bande 401-403 MHz, le nombre exact de canaux dépendant du système considéré.

3 Localisation de plates-formes

Des plates-formes mobiles (aérostats, bouées dérivantes, animaux sauvages, etc.) sont utilisées pour de très nombreuses applications et leurs déplacements, imprévisibles, doivent être suivis si l'on veut mener à bien la mission (détermination du vent, étude des courants marins, étude des migrations, etc.). Dans pareils cas, les fonctions de localisation et de collecte de données sont réalisées simultanément.

On peut mesurer soit la distance, soit la vitesse radiale (effet Doppler), soit les deux à la fois. On réalise un certain nombre de mesures que l'on traite de manière à localiser la plate-forme d'émission avec une précision variant de quelques mètres à quelques kilomètres.

La méthode Doppler de localisation n'est pas applicable aux satellites OSG. La localisation depuis des satellites OSG peut être théoriquement réalisée par interférométrie à partir d'un seul satellite ou par mesure de distance dans la zone de recouvrement de deux satellites.

4 Modes de fonctionnement des plates-formes

4.1 Plates-formes interrogées

4.1.1 Plates-formes interrogées dans les systèmes à satellite OSG

Chaque plate-forme est pourvue d'un émetteur et d'un récepteur. Le centre de gestion du système transmet au satellite un programme de travail contenant les adresses des plates-formes à interroger et l'heure à laquelle cette opération doit être réalisée. Les plates-formes ne peuvent émettre que si elles sont interrogées. Cependant, elles peuvent être conçues de telle sorte qu'elles peuvent demander à être interrogées, comme par exemple les systèmes d'alerte géophysiques. Ce mode de

fonctionnement est très fiable et il n'y a aucun risque de brouillage mutuel; la plate-forme doit toutefois être équipée d'un récepteur ce qui en augmente le coût.

4.1.2 Plates-formes interrogées dans les systèmes à satellites LEO

Une liaison de service est actuellement installée dans des systèmes à satellites LEO afin qu'une communication soit possible des centres de gestion vers les PCD. Il s'agit d'une liaison de service polyvalente qui peut simplement être utilisée pour activer ou désactiver les principaux composants consommateurs de puissance d'une PCD, ou avoir une action plus compliquée consistant par exemple à reconfigurer les capteurs de la PCD. Elle peut aussi servir à augmenter le débit de collecte des données en accusant réception des messages correctement reçus et en évitant ainsi une répétition inutile. Cette nouvelle liaison est actuellement mise en place sur le satellite ADEOS-II, et devra être installée sur les satellites des séries METOP et NPOESS.

4.2 Plates-formes fonctionnant selon un mode d'accès aléatoire

Dans les SCD OSG, des plates-formes à accès aléatoire sont utilisées pour la transmission de messages d'alerte. Normalement, la plate-forme n'envoie de message que lorsqu'un seuil fixe lié au phénomène mesuré est atteint ou dépassé. Par exemple, une plate-forme contrôlant l'activité sismique n'envoie de signal que lorsque l'activité sismique est supérieure à la normale. Dans la pratique, on réserve des canaux séparés dans la bande attribuée aux plates-formes à accès aléatoire de manière à réduire la probabilité de brouillage avec les autres types de plate-forme.

Dans les SCD LEO, chaque plate-forme répète son message séparément et à des intervalles donnés. Des brouillages peuvent donc se produire entre des plates-formes se trouvant en visibilité directe du satellite au même moment. En conséquence, le satellite ne peut travailler qu'avec un nombre limité de ces plates-formes en visibilité au même moment.

4.3 Plates-formes autoprogrammées

Les SCD OSG utilisent principalement des plates-formes autoprogrammées. Chaque plate-forme transmet automatiquement ses messages dans des délais prédéterminés. Les intervalles de transmission sont déterminés par une horloge interne à la plate-forme. Chaque plate-forme est identifiée par son adresse et la fréquence (correspondant au canal assigné) à laquelle elle transmet son message. Dans la pratique, les exploitants des satellites gèrent l'assignation des créneaux temporels et les canaux d'émission des plates-formes.

5 Caractéristiques types de l'émetteur d'une plate-forme

5.1 Plates-formes des systèmes LEO

Les caractéristiques types de plates-formes LEO de collecte de données et de localisation indiquées ci-après sont celles des SCD ARGOS, brésilien et MOS.

Chaque plate-forme émet de façon sporadique. Chaque émission se compose de deux parties successives: une porteuse pure est transmise pendant la première alors que dans la seconde le signal est modulé par le message à transmettre. Les trois types de SCD ARGOS: MDP/MP, MDP-4 mixte et modulation à déplacement minimal à filtre gaussien (MDMG) sont présentées ci-dessous. Les plates-formes MDP/MP sont aussi utilisées par les SCD brésiliens et les SCD MOS. Outre ces trois types de plates-formes, chaque plate-forme ARGOS peut être équipée d'un récepteur de liaison descendante.

5.1.1 Plates-formes MDP/MP

- Partie non modulée:
 - durée de l'ordre de 160 ms.
- Partie modulée:
 - elle comprend 48 bits de service suivis des données provenant des capteurs. Selon le nombre de capteurs, la durée totale de la partie modulée varie de 200 à 760 ms.
- Période de répétition:
 - plates-formes à localiser: choisie entre 60 et 100 s;
 - plates-formes à utiliser seulement pour la collecte de données: choisie au-dessus de 200 s.
- Codage des données:
 - codage biphasé, à un débit binaire de 400 bit/s.
- Porteuse et modulateur:
 - plates-formes MOS actuelles = 401,50 MHz;
 - plates-formes ARGOS = 401,65 MHz \pm 30 kHz;
 - plates-formes SCD brésiliens = 401,635 MHz \pm 30 kHz;
 - modulation: MDP/MP avec un indice de modulation de $1,1 \pm 0,1$ rad.
- Puissance émise:
 - moins de ou proche de 3 W.
- Stabilité de fréquence (de manière à obtenir une précision de localisation inférieure à 1 km):
 - la dérive à moyen terme (15 min) ne doit pas dépasser $0,5 \times 10^{-9}$ /min;
 - stabilité à court terme (100 ms): 1×10^{-9} .

La précision de localisation est fonction dans une certaine mesure de la stabilité de l'oscillateur de la plate-forme; cette spécification peut varier selon l'objectif recherché.

5.1.2 Plates-formes MDP-4 mixte

- Partie non modulée:
 - durée de l'ordre de 80 ms.
- Partie modulée:
 - elle comprend 48 bits de service suivis des données provenant des capteurs. Selon le nombre de capteurs, la durée totale de la partie modulée varie de 200 à 760 ms.
- Période de répétition:
 - plates-formes à localiser: choisie entre 60 et 100 s;
 - plates-formes à utiliser uniquement pour la collecte de données: choisie au-dessus de 200 s.
- Codage de canal:
 - le train de bits d'entrée, qui a un débit binaire de 400 bit/s, est codé par convolution à l'aide d'un code (7, 1/2);
 - modulateur;
 - modulation: MDP-4.

- Codage des données:
 - le train de bits à codage de canal a un débit binaire de 800 bit/s. Etant donné que la modulation MDP-4 s'exprime en termes de I et Q, le train de bits est scindé en deux axes I et Q. Sur l'axe I, les symboles sont codés sans retour à zéro (NRZ), et sur l'axe Q, ils sont codés biphasé.
- Porteuse:
 - plates-formes ARGOS: 401,65 MHz \pm 30 kHz.
- Puissance émise:
 - moins de ou proche de 3W.
- Stabilité de fréquence (de manière à obtenir une précision de localisation inférieure à 1 km):
 - la dérive à moyen terme (15 min) ne doit pas dépasser $0,5 \times 10^{-9}$ /min;
 - stabilité à court terme (100 ms): 1×10^{-9} .

La précision de localisation est fonction dans une certaine mesure de la stabilité de l'oscillateur de la plate-forme; cette spécification peut varier selon l'objectif recherché.

5.1.3 Plates-formes MDMG

- Partie non modulée:
 - durée de l'ordre de 80 ms.
- Partie modulée:
 - elle comprend 48 bits de service suivis des données provenant des capteurs. Selon le nombre de capteurs, la durée totale de la partie modulée varie de 120 ms à 1,1 s.
- Période de répétition:
 - plates-formes à utiliser seulement pour la collecte de données: choisie aux environs de 200 s.
- Modulateur:
 - modulation: MDMG.
- Codage de canal:
 - le train de bits d'entrée, qui a un débit binaire de 4 800 bit/s, est codé par convolution à l'aide d'un code (7, 3/4).
- Codage des données:
 - le train de bits à codage de canal a un débit binaire de 6 400 bit/s, et les bits sont codés NRZ.
- Porteuse:
 - plates-formes MDMG ARGOS = 401,595 MHz \pm 3 kHz.
- Puissance émise:
 - environ 5 W.

5.1.4 Liaison descendante vers le récepteur

Certaines plates-formes de systèmes à satellites LEO incorporeront un récepteur dans la bande 460-470 MHz. Ces récepteurs recevront, en provenance d'un satellite défilant, un flux continu de données à faible débit contenant des fanions et des messages. La puissance surfacique reçue sera faible, les récepteurs devront donc être très sensibles, mais peu onéreux et pas trop compliqués. L'antenne sera de type faible coût/faible gain.

5.2 Plates-formes des systèmes OSG

Dans les systèmes OSG météorologiques, les transmissions PCD sont dénommées «rapports» et le contenu de ces rapports varie selon la nature régionale ou internationale du service.

5.2.1 Système de collecte de données international (SCDI)

Le SCDI est coordonné par les opérateurs de satellites météorologiques OSG dans le cadre du Groupe de coordination des satellites météorologiques géostationnaires (CGMS, *Coordination Group of Meteorological Satellites*) en vue d'assurer une protection quasi mondiale via 33 canaux PCD internationaux.

Les rapports PCD au format international se composent des éléments contigus suivants:

- porteuse non modulée pendant 5 s;
- un préambule de 250 bits alterné de «0» et de «1»;
- un mot de synchronisation codé sous forme d'une séquence linéaire de 15 bits au maximum;
- l'adresse PCD, soit un mot en code BCH de 31 bits;
- les données d'environnement, soit un maximum de 649 mots, chacun de 8 bits;
- la séquence de fin de transmission de 31 bits;
- débit binaire de 100 bit/s;
- codage Manchester NRZ en sous-phase.
- Porteuse:
 - la PCD internationale dispose de 33 canaux, de 3 kHz chacun, qui occupent la bande de fréquences 402,001-402,100 MHz;
 - par coordination, les exploitants des satellites utilisent en partage d'autres fréquences nationales de PCD dans la bande 401-403 MHz;
 - modulation: la porteuse est modulée en phase, l'indice de modulation étant de 60°.
- Puissance transmise:
 - approximativement 10 W pour une plate-forme disposant d'une antenne à gain élevé; environ 40 W pour une antenne semi-isotropique (de l'horizon au zénith tous azimuts). La polarisation de l'antenne est circulaire droite.
- Stabilité de fréquence:
 - $1,5 \times 10^{-6}$ /an; la gigue de phase quadratique moyenne au niveau de la porteuse non modulée ne doit pas dépasser 3° (valeur efficace).

5.2.2 Service de collecte de données régional

Pour compléter le SCDI, chaque satellite météorologique OSG assure un service de collecte de données régional dans sa zone de couverture via les canaux PCD régionaux. La largeur de bande et le débit de données des canaux PCD régionaux dépendent des satellites météorologiques OSG respectifs.

A titre d'exemple, les plates-formes conçues pour la transmission via les canaux PCD régionaux des satellites GOES, fonctionnent à des débits binaires de 100, 300 ou 1 200 bit/s. Les systèmes actuels à 100 bit/s utilisent la modulation MDP-2 avec codage Manchester. Les p.i.r.e. rayonnées par les plates-formes sont en moyenne de 15 dBW, mais elles sont en général comprises entre 5 et 19 dBW selon les conditions de fonctionnement. Les plates-formes à 300 ou 1 200 bit/s utilisent la modulation MDP-8 avec codage en treillis. Etant donné que le satellite GOES n'assure pas la démodulation des liaisons montantes des plates-formes, mais qu'il assure uniquement les fonctions de répéteur vers la station de télécommande et d'acquisition de données (TAD) dans la bande 1 670-1 700 MHz, le satellite est transparent au type de modulation utilisé. Les plates-formes à 1 200 bit/s ont généralement des p.i.r.e. supérieures de 3 ou 4 dB à celles des autres plates-formes.

Il ressort des études que les marges de fonctionnement des systèmes à 300 et 1 200 bit/s dans les canaux gaussiens sont égales ou supérieures à celles de l'ancien système à 100 bit/s. En conséquence, selon la méthodologie décrite dans la Recommandation UIT-R SA.1022 pour le calcul des critères de brouillage, les systèmes les plus récents toléreront les niveaux de brouillage admissible indiqués dans les Recommandations UIT-R SA.1163 et UIT-R SA.1164, même si le «système type» dans ces Recommandations est un système à 100 bit/s.

6 Caractéristiques types du récepteur d'un satellite

6.1 Caractéristiques du récepteur d'un satellite LEO

6.1.1 Caractéristiques du récepteur d'un satellite utilisé pour un SCD ARGOS

- Variation de la puissance reçue de la PCD:
 - de -167 à -138 dBW, pour un gain d'antenne variant de -6 dBi au nadir à $+2$ dBi à l'horizon du satellite.
- Niveau type de densité de puissance de bruit:
 - -201 dB(W/Hz), (température de bruit équivalente à la réception = 600 K).
- TEB (pour des messages exempts de brouillage):
 - inférieur à 1×10^{-5} .
- Largeur de bande de réception:
 - 80 kHz, centrée sur 401,65 MHz, et 110 kHz à partir de 2003, centrée sur 401,635 MHz.
- Nombre de canaux de traitement:
 - 8 et 12 à partir de 2003.

6.1.2 Caractéristiques du récepteur d'un satellite utilisé pour un SCD MOS

- Variation de la puissance surfacique reçue d'une PCD:
 - de -145 à -120 dB(W/m²).
- Niveau type de densité de puissance de bruit:
 - -201 dB(W/Hz).
- TEB (pour des messages exempts de brouillage):
 - inférieur à 1×10^{-5} .
- Largeur de bande de réception:
 - 80 kHz centrée sur 401,5 MHz.

6.1.3 Caractéristiques du récepteur d'un satellite utilisé pour un SCD brésilien

- Variation de la puissance reçue de la PCD:
 - de -160 à -130 dBW, pour un gain d'antenne variant de -1 dBi au nadir à $+1$ dBi à l'horizon du satellite;
- Niveau type de densité de puissance de bruit:
 - -201 dB(W/Hz) (température de bruit équivalente à la réception = 600 K).
- TEB (pour des messages exempts de brouillage):
 - inférieur à 1×10^{-5} .
- Largeur de bande de réception:
 - 60 kHz (et 120 kHz à partir de 2005), centrée sur 401,635 MHz.
- Tout le traitement des canaux est effectué à la station de réception au sol.

6.2 Caractéristiques du récepteur d'un satellite OSG

- Variation de la puissance surfacique reçue d'une PCD:
 - de -150 à -140 dB(W/m²).
- Sensibilité du récepteur:
 - $G/T = -28,5$ dB à -18 dB (K⁻¹).
- Largeur de bande du récepteur de relais de données:
 - 0,2 MHz ou plus selon le type de satellite.

6.3 Caractéristiques de l'émetteur d'un satellite LEO émettant vers des plates-formes

Caractéristiques RF des émetteurs de liaison descendante d'un satellite LEO:

- Train binaire continu émis par le satellite.
- Modulateur:
 - modulation: MDP/MP avec un indice de modulation de 0,8 rad.
- Codage des données:
 - le train binaire a un débit binaire de 400 bit/s: les bits sont codés biphasé.
- Porteuse:
 - émetteur de liaison descendante du satellite LEO ARGOS = 465,9875 MHz.
- Puissance émise:
 - environ 5 W.
- Gain de l'antenne: variable du nadir à l'horizon vu par le satellite pour compenser l'affaiblissement dans l'espace.

6.4 Caractéristiques de l'émetteur d'un satellite LEO émettant vers des stations, pour un répéteur transparent

Caractéristiques RF des émetteurs de liaison descendante d'un satellite LEO lorsqu'un répéteur transparent est utilisé pour retransmettre les messages provenant des plates-formes vers la station au sol:

- Modulateur:
 - modulation: MP avec un indice de modulation de 1,4 à 1,8 rad.

- Porteuse:
 - émetteur de liaison descendante d'un satellite LEO brésilien = 2267,52 MHz ou 462,5 MHz.
- Puissance émise:
 - environ 200 mW (2267,52 MHz);
 - environ 1 W (462,5 MHz).
- Gain de l'antenne: variable du nadir à l'horizon vu par le satellite.

6.5 Caractéristiques de l'émetteur d'un satellite OSG

Les satellites OSG relaient les interrogations en modulation MDP-2 de la station TAD dans la bande 2025-2110 MHz vers des plates-formes dans la bande 460-470 MHz. Le répéteur du satellite est un limiteur à niveau constant qui maintient, à un niveau constant, la p.i.r.e. de la liaison descendante. La p.i.r.e. du satellite est de 15 dBW et le débit binaire de 100 bit/s. L'antenne d'émission du satellite a un faisceau à couverture terrestre.

7 Conclusions

Les systèmes à satellites de collecte de données et de localisation de plates-formes utilisés par le SETS et par le service MetSat mettent des données à la disposition d'utilisateurs ayant besoin d'informations de diverses sources, situées n'importe où dans le monde, y compris les océans, les déserts ou d'autres régions difficiles d'accès. Les systèmes OSG fournissent ces données en 5 min en moyenne, mais ne couvrent pas les régions polaires. Les systèmes LEO offrent une couverture mondiale ainsi que la possibilité de localiser les plates-formes, si nécessaire, dans un délai maximum de 1 à 3 h. Ces SCD et de localisation, qui utilisent des récepteurs de satellite et de PCD très sensibles, ont des besoins de télécommunication particuliers.
