

## RECOMMANDATION UIT-R M.822-1

**CHARGE DES VOIES D'APPEL DU SYSTÈME D'APPEL SÉLECTIF NUMÉRIQUE (ASN)  
POUR LE SERVICE MOBILE MARITIME**

(Question UIT-R 9/8)

(1992-1994)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que le Règlement des radiocommunications comprend des voies désignées et spécialisées pour l'appel sélectif numérique dans les bandes du service mobile maritime (bandes d'ondes hectométriques, décamétriques et métriques);
- b) que la Question UIT-R 9/8 requiert l'étude des données nécessaires à l'exploitation des futurs systèmes de communications maritimes en association avec le système d'appel sélectif numérique;
- c) que l'UIT-R a examiné la question de la charge des voies d'appel et mis au point une méthode permettant de déterminer la charge acceptable et le nombre de voies d'appel nécessaire dans chaque bande,

*recommande*

1. que le trafic maximal offert à l'une quelconque des voies d'appel utilisées pour l'appel sélectif numérique ne dépasse pas 0,1 E sur une voie en ondes hectométriques ou décamétriques et 0,15 E sur une voie en ondes métriques;
2. que, conformément au § 1, quand une voie ASN est utilisée pour les appels de détresse et de sécurité, la probabilité de mutilation d'une tentative d'appel de détresse soit inférieure à 0,1%, dans l'hypothèse où deux tentatives d'appel de détresse sont transmises par heure;
3. que, conformément aux § 1 et 2 et sur la base des calculs présentés à l'Annexe 1, le nombre maximal d'appels ASN courants soit limité à:
  - 24 appels/heure sur une voie d'émission de station côtière en ondes hectométriques ou décamétriques non affectée à la détresse et à la sécurité;
  - 28 appels/heure sur une voie d'émission de station de navire en ondes hectométriques ou décamétriques non affectée à la détresse et à la sécurité;
  - 500 appels/heure sur la voie ASN à fréquence unique en ondes métriques (canal 70);
4. que, conformément au § 2 et sur la base des calculs présentés à l'Annexe 1, le nombre maximal d'appels ASN d'urgence et de sécurité soit limité à 20 appels/heure sur les voies en ondes hectométriques et décamétriques affectées à la détresse et à la sécurité;
5. que les implications de l'utilisation de récepteurs à balayage classiques en ce qui concerne la probabilité de perte d'appels due au balayage soient fondées sur les calculs présentés à l'Annexe 2.

## ANNEXE 1

**Calcul de la charge des voies****1. Théorie générale du trafic ALOHA**

**1.1** Les caractéristiques de l'ASN sur les voies d'appel communes peuvent se comparer à une voie ALOHA classique, qui constitue une forme d'accès multiple à répartition dans le temps et assignation en fonction de la demande, convenant aux voies avec accès aléatoire faisant l'objet d'une forte densité d'appels valeur de crête/valeur moyenne. Le nombre d'appels émis par unité de temps donne donc lieu à une distribution de Poisson.

**1.2** Selon les calculs ALOHA classiques, si  $R$  est le nombre moyen d'appels ASN plus les retransmissions par unité de temps et  $\tau$  la durée de l'appel, la probabilité qu'un appel donné devra être retransmis (en raison de collisions d'appels) est donnée par:

$$1 - e^{-2R\tau}$$

**1.3**  $R\lambda$ , le trafic des voies est par conséquent équivalent à la charge totale de trafic (y compris les répétitions) en erlangs.

**1.4** Il faut noter que le facteur 2 dans la formule du § 1.2 provient du fait qu'en cas d'appel purement aléatoire, il existe une période de durée  $2\tau$  pendant laquelle aucun autre appel ne doit être émis pour éviter une collision, c'est-à-dire  $\pm \tau$  à partir du début de la transmission d'un appel quelconque. Tout appel émis pendant cette période chevauchera plus ou moins un autre appel et provoquera donc une collision.

**1.5** Si  $r$  est le nombre moyen d'appels offerts à la voie (à l'exclusion des retransmissions), il s'ensuit que:

$$R = r + R(1 - e^{-2R\tau})$$

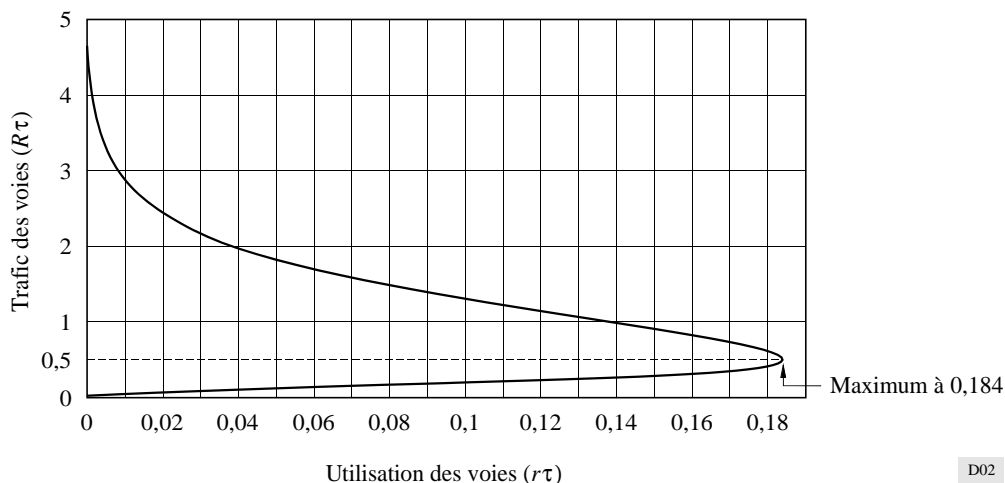
et partant, que

$$r\tau = R\tau e^{-2R\tau}$$

où  $r\tau$  est l'utilisation de la voie, c'est-à-dire la période pendant laquelle la voie est occupée par les appels ASN offerts (non compris le temps nécessaire aux retransmissions). Cette valeur équivaut aussi au trafic offert en erlangs.

**1.6** Le graphique de la Fig. 1 est obtenu en traçant l'utilisation de la voie ( $r\tau$ ) en fonction du trafic de la voie ( $R\tau$ ). Si, dans la formule ci-dessus, le différentiel de  $r\tau$  par rapport à  $R\tau$  est rendu égal à zéro, on constatera, comme le montre le graphique, que  $r\tau$  atteint une valeur maximale de  $1/2e = 0,184$  quand  $R\tau = 0,5$ . Cette valeur de  $r\tau$  est donc la capacité maximal de la voie, puisqu'à des valeurs supérieures de  $R\tau$  la voie devient instable et son utilisation diminue en raison du nombre accru des répétitions.

FIGURE 1  
Utilisation des voies en fonction du trafic des voies



**1.7** On voit que la relation entre l'utilisation de la voie ( $r\tau$ ) et le trafic de la voie ( $R\tau$ ) est à peu près linéaire jusqu'à  $r\tau = 0,1$  E environ et qu'elle fournit une marge acceptable pour faire face aux pointes de concentration du trafic. Pour cette valeur  $R\tau = 0,13$  E et, d'après le § 1.2, la probabilité qu'une retransmission soit nécessaire en raison de collisions d'appels sera par conséquent:

$$1 - e^{-2 \times 0,13} = 0,229$$

## 2. Appels ASN en ondes hectométriques/décamétriques

### 2.1 Appels courants en ondes hectométriques/décamétriques

**2.1.1** Les appels ASN courants (autres que les appels pour la détresse et la sécurité) en ondes hectométriques/décamétriques utilisent des fréquences appariées dans lesquelles la voie d'émission de la station côtière contiendra les appels ASN aux navires qui ont une durée de 8,2 s (y compris une séquence de points de 200 bits) et les accusés de réception provenant des stations côtières et destinés aux navires d'une durée de 6,4 s (avec une séquence de points de 20 bits). Bien que les calculs de voie ALOHA figurant au § 1 supposent que la durée d'appel  $\tau$  est une constante, on considère que les calculs sont toujours valables si la longueur des appels ASN varie un peu, compte tenu du fait que la valeur de 0,1 E (voir le § 1.7) représente une estimation prudente comparée à l'utilisation maximale de la voie de 0,184 E.

**2.1.2** La voie d'émission de la station de navire contiendra les appels ASN aux stations côtières qui ont une durée de 6,4 s (y compris une séquence de points de 20 bits) et les accusés de réception des navires adressés aux stations côtières, eux aussi d'une durée de 6,4 s (séquence de points de 20 bits).

**2.1.3** Pour la voie d'émission de station côtière d'une fréquence appariée, le nombre total d'appels ASN et d'accusés de réception admissible dans la limite de 0,1 E par voie est par conséquent:

$$\frac{0,1 \times 3\,600}{8,2 + 6,4} \approx 24 \text{ appels (et 24 accusés de réception) par heure}$$

**2.1.4** Pour la voie d'émission de station de navire d'une fréquence appariée, le nombre total d'appels ASN et d'accusés de réception admissible dans la limite de 0,1 E par voie est par conséquent:

$$\frac{0,1 \times 3\,600}{6,4 + 6,4} \approx 28 \text{ appels (et 28 accusés de réception) par heure}$$

**2.1.5** On notera qu'en raison d'une propagation imparfaite et de signaux brouilleurs, il sera dans certains cas nécessaire de répéter les appels ou les accusés de réception (en plus des répétitions résultant éventuellement de collisions d'appels), afin d'établir avec succès chaque communication de trafic. Néanmoins, étant donné que 0,1 E représente une valeur prudente (voir les § 1.7, 2.1.1 et la Fig. 1), les valeurs indiquées ci-dessus pour les appels offerts par heure sont jugées acceptables.

### 2.2 Appels de détresse et de sécurité en ondes hectométriques et décamétriques

**2.2.1** Dans les bandes d'ondes hectométriques et décamétriques, il existe des fréquences réservées aux appels ASN de détresse et de sécurité (y compris aux appels d'urgence). Toutefois, l'emploi de ces voies pour les appels de sécurité et d'urgence est autorisé pour autant que la charge totale de la voie reste inférieure à 0,1 E (voir le § 4 de l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R M.541). Pour les besoins des calculs ci-dessous, on suppose que cette valeur est destinée à s'appliquer au trafic offert.

**2.2.2** En supposant que deux tentatives d'appel de détresse ASN à fréquence unique (comprenant chacune cinq appels de détresse consécutifs) sont transmises sur une voie ASN quelconque de détresse et de sécurité par heure et que chaque tentative d'appel a pour résultat un accusé de réception d'appel ASN de détresse, la charge de trafic de détresse peut se calculer ainsi:

Durée d'un seul appel de détresse (avec séquence de points de 200 bits) = 7,2 s

Durée de l'accusé de réception de détresse (avec séquence de points de 200 bits) = 8,6 s

$$\text{En conséquence, la charge de trafic sera } \frac{(2 \times 5 \times 7,2) + (2 \times 8,6)}{3\,600} = 0,0248 \text{ E}$$

**2.2.3** Si le trafic total admissible est de 0,1 E, le trafic de sécurité et d'urgence peut occuper  $0,1 - 0,0248 = 0,0752 \text{ E}$ .

**2.2.4** La durée d'un appel de sécurité ou d'urgence adressé à un navire déterminé (cas le plus défavorable, comprenant une adresse et une séquence de points de 200 bits) est de 8,2 s. La durée d'un appel de sécurité ou d'urgence adressé par un navire à une station côtière (contenant une adresse et une séquence de points de 20 bits) est de 6,4 s. Dans chaque cas, l'accusé de réception (avec une séquence de points de 20 bits) a également une durée de 6,4 s.

2.2.5 En supposant que des appels de sécurité ou d'urgence sont transmis en nombre égal aux navires et aux stations côtières, le nombre total de ces appels autorisés par heure (chaque appel faisant l'objet d'un accusé de réception) est par conséquent donné par:

$$\frac{0,0752 \times 3600}{[(8,2 + 6,4) + (6,4 + 6,4)]/2} = 19,8$$

2.2.6 Dans la pratique, la majorité des appels de sécurité ou d'urgence transmis par les stations côtières sont adressés à tous les navires (cas dans lequel la durée de l'appel ASN est de 7,2 s) et il n'en résulte pas d'accusé de réception ASN. On peut donc supposer qu'en moyenne 20 appels de sécurité ou d'urgence par heure peuvent être transmis sur les fréquences de détresse et de sécurité dans les bandes d'ondes hectométriques/décamétriques.

2.2.7 La probabilité qu'une tentative complète d'appel de détresse soit mutilée par des collisions avec d'autres appels de détresse ou avec des appels de sécurité ou d'urgence peut se calculer comme suit:

- la probabilité qu'un seul appel de détresse soit mutilé (d'après le § 1.7) est:

$$1 - e^{-2 \times 0,13} = 0,229$$

- mais les cinq appels d'une tentative d'appel de détresse ne peuvent pas se perturber mutuellement, de sorte que la charge de trafic due aux appels capables de mutiler un appel de détresse peut être réduite de  $4 \times 7,2/3600 = 0,0080$ . De plus, un accusé de réception de détresse suivant une tentative d'appel de détresse ne causera pas de perturbation puisqu'il suit la tentative d'appel de détresse; on peut ainsi soustraire une charge supplémentaire de voie de  $8,6/3600 = 0,0024$ , c'est-à-dire un total de 0,0104;
- par conséquent, la probabilité qu'un seul appel de détresse soit mutilé est:

$$1 - e^{-2 \times (0,13 - 0,0104)} = 0,2127$$

- par conséquent, la probabilité que les cinq appels de la tentative d'appel soient mutilés est:

$$(0,2127)^5 = 0,0004 \text{ (soit 0,04\%)}$$

### 3. Appels ASN en ondes métriques

#### 3.1 Appels courants en ondes métriques

3.1.1 Tous les appels ASN en ondes métriques (appels courants et appels de détresse et de sécurité) utilisent une voie à fréquence unique (canal 70) pour tous les appels et les accusés de réception. Les appels et les accusés de réception des stations (y compris les appels d'urgence et de sécurité) ont une durée de 0,533 s.

3.1.2 En cas d'appel aléatoire, la capacité de la voie pour 0,1 E de trafic offert est:

$$\frac{0,1 \times 3600}{0,533 + 0,533} = 337,7 \text{ appels (et 337,7 accusés de réception) par heure}$$

3.1.3 Cependant, pour tous les appels courants ASN en ondes métriques, il est nécessaire que la voie soit veillée et que l'émission d'un appel n'intervienne pas avant la détection de l'absence d'un autre appel ou la cessation d'un autre appel (voir le § 3.6 du dispositif de la Recommandation UIT-R M.541); on peut donc supposer que des appels vraiment aléatoires s'appliquent uniquement aux stations qui sont hors de portée de la station qui émet un appel ASN existant et aux appels de détresse et de sécurité. Des exemples de ces cas d'appel «non entendu» sont fournis par deux navires, tous deux à portée d'une station côtière donnée mais mutuellement hors de portée, et par deux stations côtières toutes deux à portée d'un navire donné mais mutuellement hors de portée.

3.1.4 Les appels ci-dessus avec «surveiller avant émission» peuvent se comparer à un système ALOHA crénelé, dans lequel les émissions sont seulement autorisées à commencer au début d'un intervalle de temps qui a la même durée que l'appel. En pareil cas, étant donné que les appels, s'ils entrent en collision, le font complètement au lieu de se chevaucher plus ou moins, le facteur 2 dans la formule du § 1.2, expliquée au § 1.4, est réduit à un facteur 1.

**3.1.5** Par conséquent, dans ce cas ALOHA crénelé, la probabilité qu'un appel doive être retransmis (à cause de collisions d'appels) est donnée par:

$$1 - e^{-R\tau}$$

**3.1.6** En procédant à des calculs similaires à ceux du § 1, on constatera que la valeur maximale de l'utilisation de la voie ( $R\tau$ ) est doublée à 0,368 et, par comparaison avec le § 1.7, qu'une utilisation de la voie 0,2 E est équivalente à une charge de trafic de voie ( $R\tau$ ) de 0,26 qui se traduit toujours (selon la formule du § 3.1.5) par la probabilité de 0,229 qu'une retransmission soit nécessaire en raison de collisions d'appels.

**3.1.7** L'équivalence de l'appel ASN «surveiller avant émission» en ondes métriques avec le système ALOHA crénelé n'est strictement valable que pour autant que tout délai entre la détection d'absence d'appel et l'émission d'un appel ASN en ondes métriques ait une valeur minimale et constante parmi les différents équipements. En d'autres termes, aucun délai aléatoire ne doit être prévu dans l'équipement, faute de quoi le doublement de l'utilisation de la voie sera réduit.

**3.1.8** En appliquant un calcul similaire à celui du § 3.1.2, on constate que la voie ASN en ondes métriques aura une capacité de 675 appels offerts (et 675 accusés de réception) par heure si tous les appels sont du type «surveiller avant l'émission». Une analyse mathématique plus rigoureuse et plus complexe de la situation en ondes métriques peut être faite au moyen des calculs des systèmes de commutation de paquets du type «accès multiple par détection de porteuse».

**3.1.9** Dans la pratique, pour les raisons évoquées au § 3.1.3, il y aura une combinaison d'appels aléatoires «non entendus» et d'appels «surveiller avant l'émission»; si l'on suppose un nombre égal d'appels des deux types, la voie devrait écouler quelque 500 appels par heure, ce qui équivaut à 0,15 E.

### 3.2 Appels de détresse et de sécurité en ondes métriques

**3.2.1** Dans l'hypothèse où deux tentatives d'appel de détresse ASN en ondes métriques (comprenant chacune cinq appels de détresse consécutifs) sont transmises sur le canal 70 par heure et où chaque tentative d'appel donne lieu à un accusé de réception d'appel de détresse ASN, la charge de trafic de détresse peut se calculer ainsi:

Durée d'un seul appel de détresse (avec séquence de points de 20 bits) = 0,45 s

Durée d'un accusé de réception de détresse (avec séquence de points de 20 bits) = 0,567 s

$$\text{soit une charge de trafic de } \frac{(2 \times 5 \times 0,45) + (2 \times 0,567)}{3600} = 0,001565 \text{ E}$$

**3.2.2** Il faut noter que les appels de détresse en ondes métriques sont émis sans qu'il y ait surveillance de la voie. On peut calculer ainsi la probabilité qu'une tentative complète d'appel de détresse soit mutilée par des collisions avec des appels autres que de détresse (appels courant, de sécurité ou d'urgence):

- en supposant que les appels «surveiller avant l'émission» et les appels «non entendus» se répartissent à parts égales, la charge du trafic de voie en ondes métriques, comme l'indiquent les valeurs données pour les  $R\tau$  aux § 1.7 et 3.1.6, sera comprise entre 0,13 et 0,26, de sorte qu'on peut admettre une valeur moyenne de 0,20;
- puisqu'un appel de détresse peut être émis à tout moment, la formule ALOHA classique s'applique à la probabilité de collision entre la transmission d'un seul appel de détresse et un appel autre que de détresse (§ 1.2). On aura ainsi:

$$p_1 = 1 - e^{-2 \times 0,20} = 0,330$$

- cependant, la tentative d'appel de détresse se compose de cinq appels de détresse consécutifs et par conséquent cette émission de cinq appels une fois commencée empêche l'émission de nouveaux appels autres que de détresse à distance d'écoute. Mais comme la durée d'un simple appel de détresse est inférieure à celle d'un appel d'un autre type (soit 0,45 s contre 0,533 s) on peut supposer, dans le cas le plus défavorable, que le deuxième appel de détresse fera l'objet de la même probabilité de collision que le premier appel ( $p_1$ );

- en ce qui concerne les troisième, quatrième et cinquième appels, seuls les appels «non entendus» autres que de détresse peuvent causer des collisions. Si l'on admet que ceux-ci représentent 50% des 500 appels admissibles (voir le § 3.1.9), soit 250 appels (plus 250 accusés de réception) par heure, l'utilisation de voie «non entendue» offerte ( $r\tau$ ) peut être calculée au moyen de la formule du § 3.1.2, c'est-à-dire:

$$\frac{r\tau \times 3\,600}{0,533 + 0,533} = 250, \text{ donc } r\tau = 0,074$$

- pour cette valeur de  $r\tau$ , en utilisant la formule du § 1.5, le trafic des voies  $R\tau$  est de 0,088, si bien que la probabilité de collision entre les troisième, quatrième et cinquième appels de détresse et un appel autre que de détresse «non entendu» (d'après le § 1.2) sera:

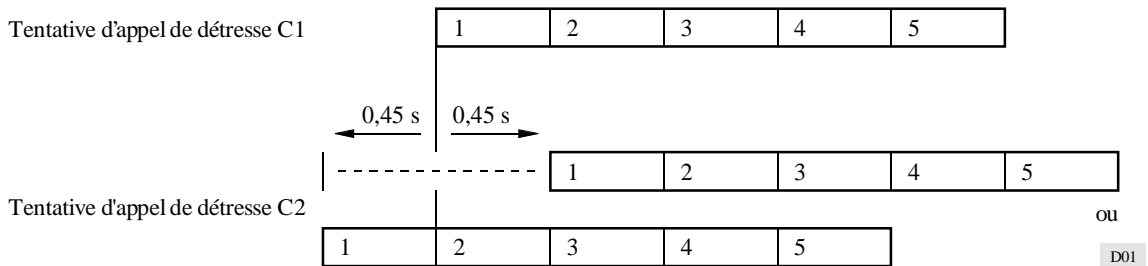
$$p_2 = 1 - e^{-2 \times 0,088} = 0,161$$

- par conséquent, la probabilité que les cinq appels de détresse fassent, dans le cadre d'une tentative à cinq appels, l'objet d'une collision avec un appel autre que de détresse est donnée par la formule:

$$p_3 = (p_1)^2 \times (p_2)^3 = (0,330)^2 \times (0,161)^3 = 0,00045$$

**3.2.3** La probabilité qu'une tentative complète d'appel de détresse soit mutilée par une collision avec un autre appel de détresse (en supposant deux tentatives d'appel de détresse par heure) peut se calculer ainsi:

- La probabilité que les cinq appels de la tentative d'appel de détresse soient mutilés est la probabilité que la deuxième tentative d'appel de détresse commence pendant la durée d'un seul appel de la première tentative d'appel, ce qu'on illustrera ainsi:



où |-----| est la période (0,9 s) pendant laquelle la deuxième tentative d'appel ne doit pas commencer.

- Il s'ensuit que la formule ALOHA classique donnée au § 1.2 peut être utilisée,  $\tau$  étant la durée d'un seul appel (0,45 s) et  $R$  le nombre d'appels par seconde ( $2/3\,600$ ), d'où:

$$p_4 = 1 - e^{-2 \times (2/3\,600) \times 0,45} = 0,0005$$

- Mais cette illustration et la probabilité  $p_4$  concernent la mutilation des deux tentatives complètes d'appel de détresse, de sorte que la probabilité de mutilation d'une seule tentative complète d'appel de détresse est la moitié de  $p_4$ , soit:

la probabilité  $p_5$  qu'une tentative d'appel de détresse soit mutilée par une autre tentative d'appel de détresse est donnée par:

$$p_5 = 0,00025$$

(la probabilité  $p_5$  pourrait aussi être calculée au moyen de la formule ALOHA classique avec  $R = 1$ , ce qui aboutit à la même valeur. Cette méthode peut être également utilisée pour calculer les probabilités lorsqu'il y a plus de deux tentatives d'appel de détresse par heure).

**3.2.4** Par conséquent, la probabilité qu'une tentative complète d'appel de détresse soit mutilée par une collision avec une autre tentative d'appel de détresse (dans l'hypothèse où deux tentatives d'appel de détresse sont émises par heure) ou par une collision avec des appels autres que de détresse est donnée par:

$$p_3 + p_5 = 0,0007$$

## ANNEXE 2

**Perte d'appels due au balayage****1. Utilisation de récepteurs à balayage**

L'emploi d'un récepteur à balayage conduit à une certaine probabilité de perte d'un appel destiné à la station de réception; cette probabilité de perte est due au fait que le décodeur peut travailler sur une autre voie; dans ce cas, on parle habituellement de perte d'appels due au balayage. Cette perte dépend du nombre de voies balayées par un seul récepteur, ainsi que de la charge des voies ASN. En règle générale, l'emploi des récepteurs à balayage est à déconseiller, la perte due au balayage conduisant à augmenter la charge de la voie (effet cumulatif). Il faut néanmoins reconnaître que, pour des raisons économiques, de nombreux navires seront contraints d'utiliser des récepteurs à balayage, mais ces derniers ne devraient pas normalement être utilisés aux stations côtières.

Les calculs montrent que, pour la réception ASN d'appels autres que de détresse, le nombre de voies à balayer par un seul récepteur ne devrait pas dépasser six, de sorte que le nombre des voies sur lesquelles une station de navire doit assurer la veille a des conséquences économiques importantes. On peut envisager deux cas pour les appels autres que de détresse et de sécurité:

- minimum d'environ 6 fréquences, c'est-à-dire une voie nationale et une voie internationale dans trois bandes. Ce système nécessitera la coopération du personnel du navire afin de choisir à tout moment les bandes les plus appropriées et pourrait augmenter la charge de trafic sur les voies internationales en raison de la veille limitée assurée sur les voies nationales;
- minimum d'environ 15 fréquences, c'est-à-dire deux voies nationales et une voie internationale dans chacune des bandes des 4, 6, 8, 12 et 16 MHz. Le personnel du navire bénéficiera ainsi d'un service plus automatique nécessitant cependant plusieurs récepteurs à balayage.

Pour les appels de détresse et de sécurité, un récepteur de balayage distinct serait nécessaire, pouvant explorer jusqu'à six fréquences spécialisées pour la détresse et la sécurité dans les bandes d'ondes hectométriques et décimétriques.

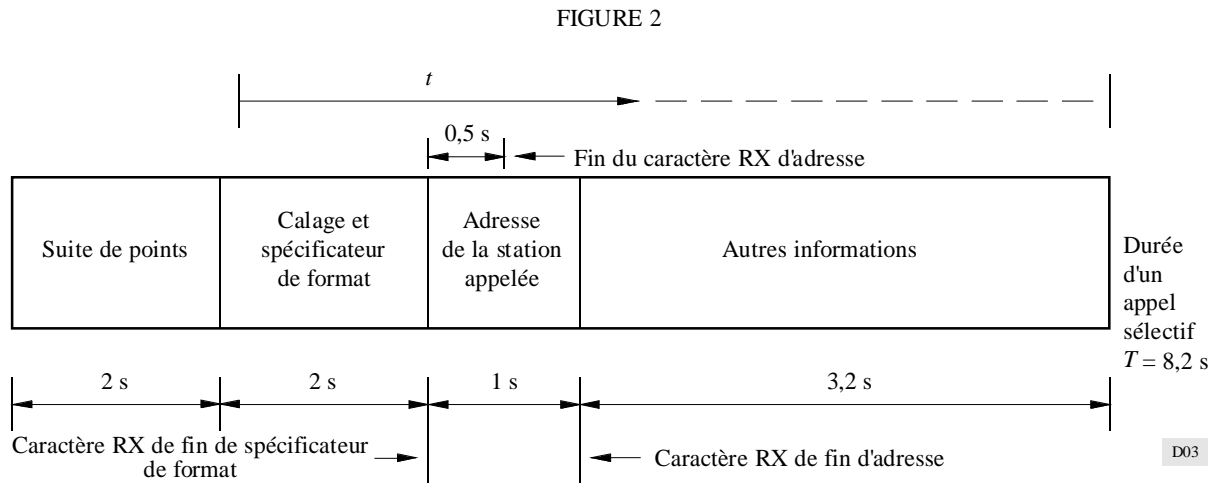
**2. Fréquences autres que pour la détresse et la sécurité****2.1 Hypothèses**

Le calcul repose sur les hypothèses suivantes (pour des appels autres que de détresse):

- le récepteur à balayage ne s'arrête sur une voie d'appel que s'il reconnaît la suite de points;
- dans tous les autres cas, le récepteur à balayage poursuit immédiatement le balayage (sans passer de temps à reconnaître une autre situation);
- il faut en moyenne au récepteur un temps  $t$  pour reconnaître qu'un appel est destiné à une autre station; après quoi le récepteur reprend immédiatement le balayage.

## 2.2 Format de l'appel

La Fig. 2 ci-dessous contient les renseignements nécessaires au calcul:



Trois valeurs possibles de  $t$  sont envisagées:

- $t = 2,5$  s

quand le système de traitement du signal du récepteur ne tient pas compte des positions du caractère RX (pour la commande de balayage) si aucune erreur binaire n'est constatée à la dernière position DX de l'adresse;

- $t = 3,0$  s

si le système de traitement du signal du récepteur exige que les positions RX et DX de chaque caractère d'adresse soient décodées;

- $t = 6,2$  s

si le système de traitement du signal du récepteur exige que le message complet soit décodé.

## 2.3 Résultat du calcul

La probabilité de perte, due au balayage, d'un appel destiné à la station A est égale à la somme des deux probabilités élémentaires suivantes:

- $p_1$  probabilité que, pendant l'émission de la suite de points, le récepteur à balayage soit occupé à décoder un appel destiné à une autre station (sur une autre voie);
- $p_2$  probabilité que, pendant l'émission de la suite de points, le récepteur à balayage soit occupé à décoder un appel destiné à la station A (sur une autre voie).

$$p_1 = 1 - e^{-(n-1)\lambda t}$$

$$p_2 = 1 - e^{-(n-1)6,2\lambda a}$$

où:

$n$ : nombre de voies explorées par le récepteur à balayage

$\lambda$ : cadence moyenne d'appel; si l'intensité moyenne du trafic sur une voie d'appel est de 0,1 E, on a  $\lambda T = 0,1$ , de sorte que  $\lambda = 1/82$

$a$ : pourcentage des appels destinés à la station A

$t$ : voir le § 2.2.

Pour les navires, on admet que le paramètre  $a$  est égal à 0; pour les stations côtières qui surveillent les voies internationales en ondes décimétriques, on admet que  $a = 3,5\%$  (bien que, comme indiqué au § 1, les récepteurs à balayage ne devraient pas normalement être utilisés aux stations côtières).



Les résultats des calculs sont donnés dans les Tableaux 1a, 1b et 1c pour les valeurs de charge des voies allant de 0,13 E (charge de trafic des voies, y compris les répétitions, pour une utilisation du trafic offert aux voies de 0,1 E) à 0,05 E.

TABLEAU 1a

Pourcentage d'appels perdus en raison du balayage pour  $t = 2,5$  s

Cadence moyenne d'appel $\lambda$	Nombre de voies balayées ( $n$ )												
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
$\lambda = 1/63$	8,3	12,3	16,0	19,7									Station côtière $a = 3,5\%$
(0,13 E)	7,6	11,2	14,7	18,0									Navires
$\lambda = 1/82$	6,4	9,5	12,5	15,5	18,3	Pourcentages élevés inadmissibles ( $> 20\%$ )						Station côtière $a = 3,5\%$	
(0,1 E)	5,9	8,7	11,5	14,1	16,7							19,2	Navires
$\lambda = 1/109$	4,9	7,2	9,6	11,8	14,0	16,2	18,3					Station côtière $a = 3,5\%$	
(0,075 E)	4,5	6,6	8,8	10,8	12,9	14,8	16,8					18,7	Navires
$\lambda = 1/164$	3,3	4,9	6,4	8,0	9,5	11,0	12,5	14,0	15,5	16,9	18,3	19,7	Station côtière $a = 3,5\%$
(0,05 E)	3,0	4,5	5,9	7,3	8,7	10,1	11,5	12,8	14,1	15,4	16,7	18,0	Navires

TABLEAU 1b

Pourcentage d'appels perdus en raison du balayage pour  $t = 3,0$  s

$\lambda$	$n$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
$\lambda = 1/63$		9,8	14,3	18,7									Station côtière $a = 3,5\%$	
(0,13 E)		9,1	13,3	17,3									Navires	
$\lambda = 1/82$		7,6	11,2	14,7	18,0	Pourcentages élevés inadmissibles ( $> 20\%$ )						Station côtière $a = 3,5\%$		
(0,1 E)		7,1	10,4	13,6	16,7							19,7	Navires	
$\lambda = 1/109$		5,8	8,5	11,2	13,8	16,4	18,9					Station côtière $a = 3,5\%$		
(0,075 E)		5,4	7,9	10,4	12,9	15,2	17,5					19,8	Navires	
$\lambda = 1/164$		3,9	5,7	7,6	9,4	11,2	12,9	14,7	16,4	18,0	19,7	Station côtière $a = 3,5\%$		
(0,05 E)		3,6	5,3	7,1	8,7	10,4	12,0	13,6	15,2	16,7	18,2	19,7	Navires	

TABLEAU 1c

Pourcentage d'appels perdus en raison du balayage pour  $t = 6,2$  s

$\lambda$	$n$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
$\lambda = 1/63$		18,6	Pourcentages élevés inadmissibles (> 20%)										Station côtière $a = 3,5\%$		
(0,13 E)	17,9	Navires													
$\lambda = 1/82$	14,6	Station côtière $a = 3,5\%$													
(0,1 E)	14,0	Navires													
$\lambda = 1/109$	11,2	16,3											Station côtière $a = 3,5\%$		
(0,075 E)	10,8	15,7											Navires		
$\lambda = 1/164$	7,5	11,1											14,6	17,9	Station côtière $a = 3,5\%$
(0,05 E)	7,3	10,7											14,0	17,2	Navires

### 3. Fréquences de détresse et de sécurité

#### 3.1 Hypothèses

Les hypothèses retenues au § 2.1 pour les appels autres que de détresse s'appliquent aux appels de détresse si ce n'est qu'on suppose en plus, pour les besoins du calcul:

- que les appels ASN sur les six voies spécialisées pour la détresse et la sécurité en ondes hectométriques/décamétriques sont des appels de détresse, des accusés de réception de détresse, des appels de sécurité ou des accusés de réception de sécurité (dans la pratique, il peut y avoir aussi des appels et des accusés de réception de détresse retransmis);
- que tous les appels de détresse sur la totalité des voies spécialisées pour la détresse et la sécurité sont implicitement adressés à, et devraient être reçus par tous les navires;
- que les appels de détresse peuvent être transmis, soit sous forme d'une tentative d'appel comportant cinq appels sur fréquence unique soit sous forme d'une tentative d'appel comprenant 6 appels multifréquences (voir les § 3.1.3.1 et 3.1.3.2 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R M.541);
- que les appels de sécurité sur toutes les voies spécialisées pour la détresse et la sécurité sont soit adressés à, et devraient être reçus par tous les navires, soit adressés à certains navires (bien que, dans la pratique, certains appels soient adressés à certaines zones géographiques);
- que, après qu'un seul appel de détresse émis dans le cadre d'une tentative d'appel de détresse comportant 5 appels à fréquence unique a été reçu, le récepteur à balayage poursuit le balayage. En l'absence de détection de la séquence de points d'un autre appel pendant le cycle de balayage du récepteur (que l'on suppose inférieur à 2 s), le récepteur à balayage s'arrêtera de nouveau lors de la détection du prochain appel faisant partie de la même tentative d'appel de détresse.

#### 3.2 Calculs

La probabilité  $p$  qu'un appel de détresse ne soit pas reçu par une station A en raison du balayage peut se calculer comme étant la somme de deux sous-probabilités:

- la probabilité  $p_d$  que le récepteur à balayage soit occupé à décoder des appels de détresse sur d'autres voies pendant l'émission de la séquence de points;
- la probabilité  $p_s$  que le récepteur à balayage soit occupé à décoder des appels de sécurité sur d'autres voies (pour la station A, y compris les appels pour tous les navires, ou pour d'autres stations) pendant l'émission de la séquence de points.

Pour chacune de ces deux sous-probabilités, on retient pour le calcul deux scénarios possibles, comme suit:

Pour  $p_d$ :

scénario  $ds$  : toutes les tentatives d'appel de détresse sont à fréquence unique, ou

scénario  $dm$  : toutes les tentatives d'appel de détresse sont multifréquences.

Pour  $p_s$ :

scénario  $sa$  : tous les appels de sécurité sont des appels à tous les navires, ou

scénario  $si$  : tous les appels de sécurité sont des appels individuels.

Les formules permettant de calculer ces quatre scénarios de probabilité sont données ci-après.

**3.2.1 Scénario  $ds$  – toutes les tentatives d'appel de détresse sont à fréquence unique**

La probabilité qu'un seul appel de détresse d'une tentative d'appel de détresse à fréquence unique (comportant 5 appels) soit perdu en raison du balayage quand on considère seulement les autres tentatives d'appel de détresse à fréquence unique (et leurs accusés de réception de détresse correspondants) peut se calculer au moyen de la formule pour  $p_2$  (voir le § 2.3, sauf que 6,2 est remplacé par la durée d'un seul appel de détresse moins la suite de points (5,2 s) et  $a = 1$  (du fait que tous les appels sont pour la station A)), c'est-à-dire:

$$p_{ds} = 1 - e^{-(n-1)5,2\lambda}$$

Sur la base de deux tentatives d'appel de détresse et de deux accusés de réception de détresse par heure et par voie, la charge de trafic par voie (d'après l'Annexe 1, § 2.2.2) est de 0,0248 E; par conséquent la cadence moyenne d'appel  $\lambda$  par appel = 0,0248/7,2 = 0,0034444. La valeur de  $p_{ds}$  pour différentes valeurs de  $n$  (nombre de voies balayées) est donnée au Tableau 2.

TABLEAU 2

Pourcentages de probabilité et de perte d'appels de détresse due au balayage

Probabilité, $p$ , de perte	Nombre de voies balayées ( $n$ )				
	2	3	4	5	6
Perte concernant la t.a.d. monofréquence, $p_{ds}$ (%)	1,7752	3,5188	5,2315	6,9138	8,5663
Perte concernant la t.a.d. multifréquences, $p_{dm}$ (%)	3,4094	6,7025	9,8834	12,9558	15,9235
Perte moyenne concernant la t.a.d., $p_d$ (%)	2,5923	5,1107	7,5575	9,9348	12,2449
Perte concernant les appels de sécurité à tous les navires, $p_{sa}$ (%)	5,2863	10,2931	15,0352	19,5267	23,7807
Perte concernant les appels de sécurité à certains navires, $p_{si}$ (%)	2,7072	5,3411	7,9037	10,3970	12,8227
Perte moyenne concernant les appels de sécurité, $p_s$ (%)	3,9967	7,8171	11,4695	14,9618	18,3017
1 appel de détresse perdu/t.a.d., $p^{(1)}$ (%)	6,5890	12,9278	19,0269	24,8966	30,5466
2 appels de détresse perdus/t.a.d., $p^{(2)}$ (%)	0,4342	1,6713	3,6202	6,1984	9,3309
3 appels de détresse perdus/t.a.d., $p^{(3)}$ (%)	0,0286	0,2161	0,6888	1,5432	2,8503
4 appels de détresse perdus/t.a.d., $p^{(4)}$ (%)	0,0019	0,0279	0,1311	0,3842	0,8707
5 appels de détresse perdus/t.a.d., $p^{(5)}$ (%)	0,0001	0,0036	0,0249	0,0957	0,2660

t.a.d. = tentative d'appel de détresse

### 3.2.2 Scénario $dm$ – toutes les tentatives d'appel de détresse sont multifréquences

La probabilité de perte d'un seul appel de détresse en raison du balayage dans le cadre d'une tentative d'appel de détresse multifréquences (comprenant six appels de détresse répartis sur un maximum de six fréquences) utilise la même formule que pour le cas monofréquence, à savoir:

$$p_{dm} = 1 - e^{-(n-1)5,2\lambda}$$

Cependant, pour le calcul de la charge de trafic, on peut admettre que chaque appel de détresse émis donne lieu à un accusé de réception. La charge de trafic sera donc donnée, quand le nombre de tentatives d'appel de détresse émises par fréquence est le même que dans le cas monofréquence, par la formule:

$$\frac{(2 \times 6 \times 7,2) + (2 \times 6 \times 8,6)}{3600} = 0,0527 \text{ E}$$

il s'ensuit que  $\lambda = 0,0527 \times 2/(7,2 + 8,6) = 0,006671$ . La valeur de  $p_{dm}$  pour différentes valeurs de  $n$  est donnée au Tableau 2.

### 3.2.3 Scénario $sa$ – tous les appels de sécurité sont des appels à tous les navires

La probabilité qu'un seul appel de détresse soit perdu en raison du balayage quand tous les appels émis sur les autres voies balayées sont des appels de sécurité destinés à tous les navires (et dont la durée sans la suite de points est de 5,2 s) repose sur la même formule que  $p_{ds}$  et  $p_{dm}$ , à savoir:

$$p_{sa} = 1 - e^{-(n-1)5,2\lambda}$$

La valeur pertinente de charge de trafic, c'est-à-dire 0,0752 E est donnée au § 2.2.3 de l'Annexe 1, de sorte que  $\lambda = 0,0752/7,2 = 0,010444$ . La valeur de  $p_{sa}$  pour différentes valeurs de  $n$  est donnée au Tableau 2.

### 3.2.4 Scénario $si$ – tous les appels de sécurité sont des appels individuels

La probabilité qu'un seul appel de détresse soit perdu en raison du balayage quand tous les appels émis sur les autres voies balayées sont des appels de sécurité individuels se calcule au moyen de la formule  $p_1 + p_2$  conformément au § 2.3, puisque les appels individuels aux autres stations doivent être également pris en considération. Le format d'appel des appels de sécurité individuels est le même que celui qui est représenté au § 2.2 pour les appels autres que de détresse. Toutefois, pour les navires on peut considérer que  $a = 0$ ; pour simplifier les options pour le calcul, on retient par hypothèse la valeur  $t = 2,5$ ; dans ces conditions:

$$p_{si} = 1 - e^{-(n-1)2,5\lambda}$$

Comme au § 3.2.3, la charge de trafic = 0,0752 E mais la durée moyenne d'un appel individuel = 6,85 s (en supposant un nombre égal d'appels à destination et en provenance de navires et le même nombre d'accusés de réception – voir l'Annexe 1, § 2.2.4), si bien que  $\lambda = 0,0752/6,85 = 0,010978$ . La valeur de  $p_{si}$  pour différentes valeurs de  $n$  est donnée au Tableau 2.

## 3.3 Résultats

3.3.1 Les valeurs de probabilité décrites aux § 3.2.1 à 3.2.4 sont données sous la forme de pourcentages au Tableau 2. En outre, ce Tableau contient la probabilité  $p^{(1)}$  qu'un seul appel de détresse appartenant à une tentative d'appel de détresse ne soit pas reçu par un navire donné en raison d'une perte due au balayage, ce qui est donné par:

$$p^{(1)} = p_d + p_s$$

3.3.2 Afin de simplifier les résultats, le calcul de  $p_d$  et  $p_s$  est fondé sur le principe suivant: puisque les tentatives d'appel de détresse peuvent être monofréquence ou multifréquences, on suppose une répartition du type 50/50 entre les deux types de tentative d'appel de détresse. De plus, étant donné que les appels de sécurité peuvent être adressés à tous les navires ou à des stations individuelles, on suppose aussi une répartition à 50/50 entre ces deux types d'appels de sécurité. Les formules suivantes sont donc applicables:

$$p_d = \frac{p_{ds} + p_{dm}}{2}$$

$$p_s = \frac{p_{sa} + p_{si}}{2}$$

**3.3.3** Dans la pratique, il suffit qu'un des appels de détresse d'une tentative d'appel de détresse soit reçu par un navire donné; par conséquent les probabilités de perte de 2, 3, 4 ou 5 appels de détresse sont également présentées au Tableau 2. Les formules pour ces probabilités sont données par:

$$p(x) = [p^{(1)}]^x$$

où  $x = 2, 3, 4$  ou  $5$ .

**3.3.4** Compte tenu du fait que, pour des raisons de propagation et de brouillage, il sera bien souvent improbable que tous les appels de détresse d'une tentative d'appel de détresse puissent être reçus et décodés sans erreur par un navire déterminé, on peut considérer que trois appels de détresse constituent une perte acceptable; or une telle probabilité, comme le montre le Tableau 2, est inférieure à 3% en supposant que six voies soient balayées.

## **4. Conclusions**

### **4.1 *Fréquences autres que de détresse et de sécurité***

Il résulte des Tableaux 1a, 1b et 1c que dans le cas de récepteurs de navires qui balayent des fréquences autres que de détresse et de sécurité et pour une perte acceptable (< 18%):

- six voies pourraient être balayées pour une charge de voie de 0,13 E et une durée d'occupation de message de 2,5 s;
- cinq voies pourraient être balayées pour une charge de voie de 0,13 E et une durée d'occupation de message de 3 s.

Le nombre de voies pouvant être balayées varie à peu près en proportion inverse de la charge de la voie.

Il résulte aussi du Tableau 1c que le balayage est peu utilisable quand le message complet doit être décodé avant que le balayage puisse reprendre.

### **4.2 *Fréquences de détresse et de sécurité***

Il ressort du Tableau 2 que dans le cadre d'une tentative d'appel de détresse à appels multiples, le nombre d'appels de détresse qui peuvent être perdus en raison du balayage varie d'environ 0,25 à 30%, en supposant que six voies soient balayées. On peut considérer comme acceptable la perte de trois appels, dont la probabilité de perte est de 2,85%.

---