

RAPPORT 741-3

**SYSTÈMES RADIOÉLECTRIQUES PRIVÉS MULTICANAUX DANS LE SERVICE
MOBILE TERRESTRE (AVEC OU SANS INTERCONNEXION AVEC LE RTPC*)**

(Question 37/8)

(1978-1982-1986-1990)

Introduction

Le spectre radioélectrique attribué au trafic de dispatching est de plus en plus encombré au point que de nombreux usagers (réseaux) doivent déjà partager un canal avec plusieurs autres. L'exploitation du canal en question est alors plus efficace, mais la "qualité de service" offerte à ces usagers est alors réduite dans la mesure où ils doivent souvent attendre la libération d'un canal et s'accommoder d'une confidentialité toute relative. Dans la conception de ces systèmes, il importe de veiller non seulement à une meilleure utilisation des canaux, mais aussi à une qualité accrue de l'écoulement du trafic et à une discrétion satisfaisante.

La Partie A du présent Rapport traite des aspects généraux des systèmes radioélectriques privés multicanaux dans le service mobile terrestre du type dispatching (configuration des systèmes, caractéristiques du trafic de dispatching, qualité d'écoulement du trafic, capacité de traitement du trafic, qualité d'un système fonctionnant avec partage de plusieurs canaux, signalisation, etc.).

La Partie B présente quelques systèmes en cours d'installation ou en projet dans certaines administrations.

Aux fins du présent Rapport, l'expression "système du type dispatching" signifie: système radioélectrique de gestion d'une flotte de mobiles tels qu'aéronefs, taxis, véhicules de police, etc. Quant à l'expression "système à partage de plusieurs canaux", elle signifie: tout système multicanaux avec sélection automatique des canaux, plus spécialement les systèmes du type "dispatching".

Le présent Rapport ne traite toutefois pas en détail de l'interconnexion entre les systèmes à partage de plusieurs canaux de type "dispatching" et les réseaux téléphoniques publics et privés avec commutation. Cette interconnexion nécessite un complément d'étude.

* Réseau téléphonique public avec commutation.

PARTIE A
ASPECTS GÉNÉRAUX SE RAPPORTANT A
L'ÉCONOMIE DU SPECTRE ET A LA CONCEPTION DES SYSTÈMES

1. Configuration du système

Une configuration type de l'équipement desservant une seule zone radioélectrique est représentée à la Fig. 1; pour l'essentiel, il se compose des quatre parties suivantes:

- un certain nombre (a_c) de postes ——— de commande (PC) (c'est-à-dire des dispatchers ou des stations directrices), dont chacun est relié à un centre de commutation, soit à l'aide d'une ligne spécialisée, soit à l'aide d'un trajet radioélectrique utilisant un équipement de voie (EV);
- un centre de commutation (CC), (plusieurs centres de commutation pouvant être interconnectés);
- un certain nombre de stations de base (SB), chacune contenant un nombre n d'équipements de voies (EV);
- un certain nombre de groupes de stations mobiles (SM) dont chacun, comprenant a_m stations mobiles, est desservi en ondes hertziennes par son propre PC.

Pour que le PC puisse appeler l'une de ses SM et vice versa, chaque PC et chaque SM ont accès à l'un des canaux radioélectriques au moyen d'une procédure d'accès qui reste à définir.

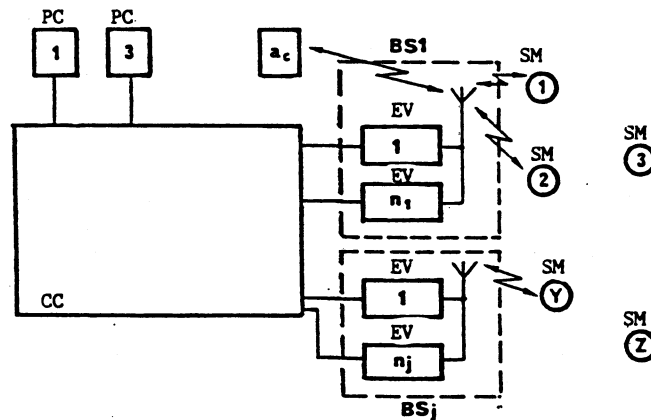


FIGURE 1 - Disposition de l'équipement dans le système avec partage automatique de plusieurs canaux

PC: poste ——— de commande (c'est-à-dire dispatcher ou station directrice)

EV: équipement de voie

SM: station mobile

a_c : nombre de postes ——— de commande

CC: centre de commutation (plusieurs centres de commutation peuvent être interconnectés)

SB: station de base (certaines administrations définissent la station de base comme étant un seul équipement de voie)

$$n = \sum_{k=1}^j n_k : \text{nombre total d'équipements de voie}$$

2. Caractéristiques du trafic de dispatching dans les systèmes radioélectriques mobiles privés

L'augmentation de la charge des canaux qu'on peut réaliser par le partage des canaux dépend de la nature du trafic écoulé. Il existe un certain nombre de différences entre le trafic de «dispatching» dans les radiocommunications mobiles et le trafic téléphonique «mobile»:

- le temps d'occupation moyen des communications est plus court (15 secondes peuvent représenter une durée typique);
- de nombreux usagers exploitent un parc de véhicules dans lequel un seul opérateur contrôle un grand nombre de stations mobiles;
- l'importance de ces parcs peut varier considérablement.

2.1 Exploitation des parcs de véhicules

Le nombre des usagers du système est, en fait, égal au nombre des opérateurs de PC et non à celui des stations mobiles; en effet, si l'opérateur du PC est occupé, personne ne peut faire un nouvel appel. Ainsi, tout le trafic du parc de véhicules passe par l'opérateur; un système mobile se caractérise donc par un petit nombre d'usagers (opérateurs), les uns pouvant offrir une forte charge de trafic et les autres une charge réduite. On dira qu'un tel système est un système «déséquilibré»; voir aussi le § 5.

L'exploitation d'un parc de véhicules nécessite un double système de files d'attente. L'opérateur du PC ne doit attendre que si le canal est occupé par les véhicules d'un autre parc (délai de «partage»); par contre, une SM peut avoir à attendre que la ligne soit libérée non seulement par d'autres parcs mais aussi par son propre opérateur si celui-ci est en communication avec une autre SM (délai interne au parc). On peut admettre que ce délai interne est négligeable pour les raisons suivantes:

- il n'affecte que les SM, dont chacune n'utilise le système que dans des proportions limitées, comparées au PC;
- le délai d'attente ne peut être réduit que dans la mesure où le propriétaire du parc est disposé à employer des opérateurs supplémentaires, élément qui échappe au contrôle du concepteur du système;
- l'attente pendant les conversations de collègues avec le PC n'a pas le même effet psychologique que l'attente due à l'encombrement du canal par des utilisateurs étrangers.

2.2 Fluctuations erratiques

En raison de la nature erratique du trafic de dispatching dans un système mobile, il y aura des fluctuations du niveau de trafic aux heures de pointe. Ces fluctuations peuvent être d'une ampleur et d'une durée considérables. Des fluctuations vers le haut entraînent une dégradation de la qualité d'écoulement du trafic, inacceptable pour les usagers si elles se produisent trop souvent ou durent trop longtemps. Il semblerait souhaitable de se prémunir contre cette éventualité en appliquant un critère de «surcharger» du type suivant:

- la qualité normale d'écoulement du trafic pendant l'heure chargée ne devrait pas se dégrader dans un rapport supérieur à 2, par exemple, pendant plus d'une demi-heure, au cours d'une période de 20 jours.

2.3 Variations du trafic d'un jour à l'autre

L'expérience acquise en téléphonie [Hayward et Wilkinson, 1970] montre qu'aux fluctuations erratiques s'ajoutent des variations journalières du trafic moyen de l'heure chargée. Avec un petit nombre d'usagers, ces variations peuvent être importantes: le trafic varie non seulement en fonction des changements d'activité de l'ensemble de la communauté, mais aussi en fonction des variations brusques de la demande d'un petit nombre d'usagers. Les variations journalières s'ajoutent aux fluctuations erratiques et, ainsi, en pratique, la marge de sécurité nécessaire pour éviter les surcharges sera probablement beaucoup plus importante que les fluctuations erratiques seules ne le laisseraient penser. Aucune étude n'a encore été faite sur l'ampleur de ces variations.

2.4 Procédures d'exploitation

Les procédures d'exploitation qui peuvent entraîner des demandes excessives d'appels simultanés de la part de nombreuses stations mobiles risquent de surcharger le protocole d'accès ou le centre de commutation d'un système avec partage de plusieurs canaux. (Par exemple, transactions au cours desquelles un poste de commande cherche à répartir le travail entre les stations mobiles à l'aide d'un appel interne au parc demandant que des "offres" soient soumises pour le travail). Dans la conception du système, des dispositions spéciales devraient être prévues pour ces procédures (voir également l'Annexe I à la Partie A, § 3.3).



3. Qualité et capacité d'écoulement et de traitement du trafic

L'augmentation de la charge des canaux qu'on peut réaliser avec un système à partage de plusieurs canaux dépend aussi de la valeur requise de la qualité d'écoulement du trafic.

3.1 Système de référence

On peut comparer les avantages d'un système à partage de plusieurs canaux, du point de vue de la capacité d'écoulement du trafic et de l'efficacité des canaux radioélectriques, avec ceux d'un système de référence avec partage automatique d'un seul canal, écoulant le même volume de trafic par SM, comprenant le même nombre de SM par PC et offrant la même qualité d'écoulement du trafic.

On suppose qu'un PC est relié à un CC à l'aide d'une ligne spécialisée et que n est inférieur à a_c .

3.2 Hypothèses relatives au trafic

En plus des hypothèses habituelles pour estimer le trafic dans les réseaux téléphoniques ordinaires, les hypothèses suivantes peuvent être faites:

- à un moment donné, on peut établir une – et une seule – communication bidirectionnelle selon le mode simplex entre un PC et l'une quelconque de ses SM;
- toute autre communication, par exemple entre SM du même réseau ou de réseaux différents ou entre PC de différents réseaux, est exclue;
- tous les appels prennent successivement place dans une file d'attente; ils sont ensuite traités par ordre d'arrivée;
- on ne prend en considération aucune dégradation due aux évanouissements par trajets multiples, au brouillage ou à d'autres causes inhérentes aux transmissions radioélectriques.

3.3 Critères d'attente

Etant donné les durées moyennes d'occupation relativement courtes que l'on observe dans les réseaux radioélectriques mobiles à usage privé, la nature des messages et les caractéristiques générales du comportement de l'utilisateur de ces réseaux, un système de file d'attente est souhaitable.

Pour mesurer la qualité d'écoulement du trafic, on peut alors utiliser, compte tenu des pratiques actuellement suivies dans le service téléphonique, un critère d'attente applicable aussi bien dans des conditions normales qu'en cas de surcharge.

Les critères suivants sont applicables:

- dans des conditions de trafic normales, la probabilité de dépassement (P) d'un temps d'attente donné sera limitée. Ce temps d'attente est par exemple égal à la durée moyenne d'occupation, $P = P_r$. Il peut être souhaitable également de se prémunir contre des temps d'attente occasionnels de très longue durée;
- dans des conditions de surcharge, la probabilité de dépassement ne dépassera pas, par exemple, le double de la probabilité de dépassement dans des conditions normales (P_r) lorsque le volume de trafic par SM augmente d'un pourcentage donné, par exemple de 10%. On trouvera au § 2.2 une autre méthode pour spécifier les critères de surcharge.

3.4 Probabilité de dépassement du temps d'attente dans le système de référence à un seul canal

La répartition du temps d'attente dans le modèle théorique d'une ligne téléphonique desservant un nombre fini de sources de trafic de départ est connue et a fait l'objet de publications, par exemple, sous la forme de tableaux. On peut montrer que le modèle de réseau mobile radioélectrique simple constitué d'un PC et d'un nombre fini de SM est l'équivalent du modèle téléphonique décrit ci-dessus, le PC correspondant à la ligne et les SM aux sources de trafic.

Toutefois, le système de référence à un seul canal se compose de plusieurs réseaux constitués d'un PC et de plusieurs SM. Puisque tous les PC ont accès au seul canal du système, il faudra aussi les considérer comme des sources de trafic. Avec un seul canal radioélectrique qui dessert simultanément plusieurs PC et leurs SM, il y aura donc deux files d'attente interdépendantes.

Si l'on n'a pu calculer exactement la répartition du temps d'attente, des calculs effectués par ordinateur ont permis de trouver une solution approximative, selon laquelle, pour un système de référence à un seul canal comprenant 10 PC, dont chacun dessert 10 SM ayant chacune une charge de trafic de 0,005 erlang, la probabilité P , de dépassement de la durée moyenne d'occupation (par exemple 15 s) est égale à 0,3 environ.

3.5 Efficacité des canaux et possibilité de surcharge d'un système à partage de plusieurs canaux

D'après les résultats de calculs préliminaires analogues effectués sur un système à plusieurs canaux dont la probabilité de dépassement du temps d'attente, $P_r \approx 0,3$, est la même que celle du système de référence à un seul canal, on tire une relation empirique simple entre le nombre a_c de PC et le nombre n ($n > 1$) de canaux radioélectriques:

$$a_c = \frac{n - 0,6}{a_m \alpha_m}$$

où

a_m : nombre de SM par PC

α_m : trafic par SM pendant l'heure chargée, exprimé en erlang.

Si le nombre de canaux radioélectriques augmente, le nombre possible de PC augmente aussi, conformément à la formule ci-dessus, tout comme l'efficacité des canaux (exprimée en terme de charge de trafic par canal). Cette relation est graphiquement représentée à la Fig. 2, pour des conditions de trafic normales et pour une probabilité de dépassement du temps d'attente d'environ 0,3.

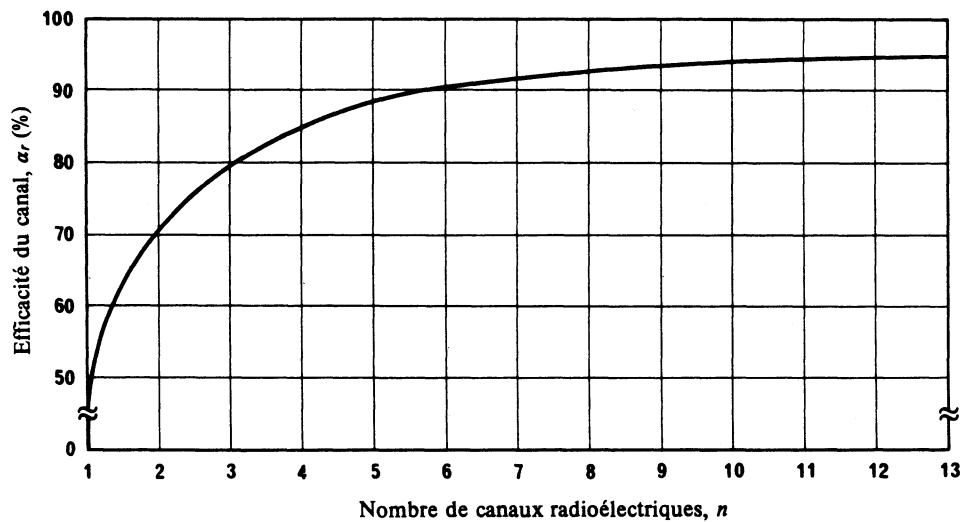


FIGURE 2 - Efficacité des canaux radioélectriques dans un système à partage de plusieurs canaux (pour $a_m = 10$, $\alpha_m = 0,005$ E et $P_r = 0,285$)

α_m : trafic par SM

a_m : nombre de SM par PC

P_r : probabilité de dépassement du temps d'attente (temps égal à la durée moyenne d'occupation) dans des conditions de trafic normales

Toutefois, avec un nombre croissant de canaux radioélectriques, le système devient plus sensible à la surcharge due au volume accru du trafic écoulé par canal. La Fig. 3 indique, pour différents nombres de canaux, la surcharge admissible en fonction de la probabilité de dépassement du temps d'attente. D'après le critère de surcharge défini au § 3.3, on peut conclure que, dans le cas étudié, le nombre maximal de canaux radioélectriques est égal à 4 ou 5, le critère de surcharge étant légèrement dépassé lorsque $n = 5$.

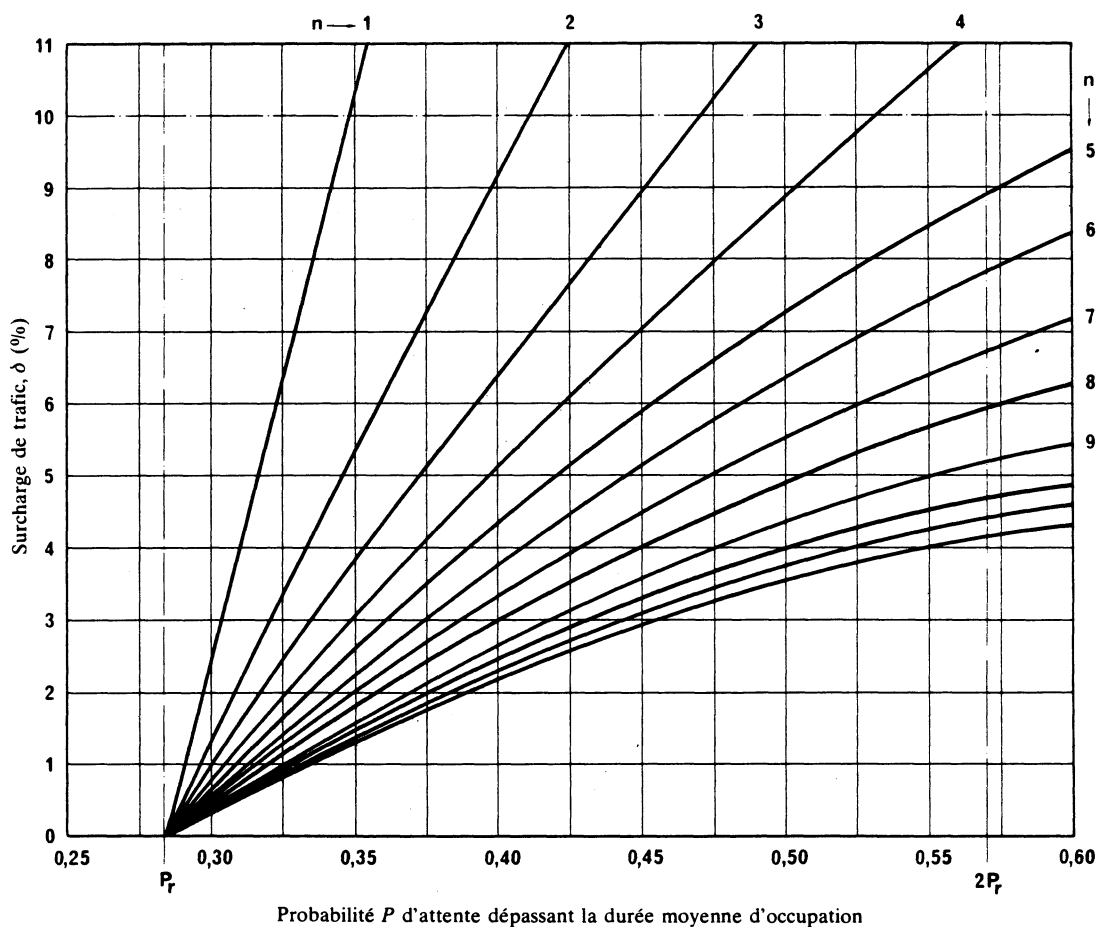


FIGURE 3 – Caractéristiques de surcharge du trafic dans un système à partage de plusieurs canaux (pour $a_m = 10$, $\alpha_m = 0,005$ E et $P_r = 0,285$)

- n : nombre de canaux radioélectriques
- a_m : trafic par SM
- a_m : nombre moyen de SM par PC
- P_r : probabilité d'attente supplémentaire (attente égale à la durée moyenne d'occupation) dans les conditions de trafic normales

3.6 Discussion des résultats

En admettant cinq canaux radioélectriques et 10 SM par PC, chaque SM produisant 0,005 E, il découle de la formule du § 3.5 que le système peut comporter 88 PC et 880 SM avec une efficacité de canal radioélectrique de 88% (voir la Fig. 2).

Un système à un seul canal avec 10 PC, fonctionnant avec partage automatique et desservant le même nombre de SM par PC, avec le même volume de trafic par SM, peut comporter 100 SM avec la même qualité d'écoulement du trafic, mais avec une efficacité de canal de 50% seulement. En ce qui concerne l'utilisation du spectre, l'utilisation partagée de plusieurs canaux par plusieurs réseaux se traduit donc par un gain effectif de $100(88 - 50)/50 = 76\%$.

Lorsque l'on compare le système à plusieurs canaux avec le système manuel utilisant un seul canal radioélectrique et garantissant une qualité d'écoulement du trafic semblable, on ne peut qu'estimer le gain effectif, qui sera de l'ordre de 100%.

La Fig. 3 montre qu'en choisissant une valeur plus petite de la surcharge admissible de trafic et/ou une valeur plus grande de la probabilité de dépassement du temps d'attente dans des conditions de surcharge, il est possible d'accroître le nombre des canaux et, par conséquent, d'utiliser plus efficacement le spectre des fréquences.

Une autre amélioration est possible si, à l'encontre de ce que l'on a admis dans les présents calculs, seuls sont sélectionnés pour participer à un système donné à plusieurs canaux, les usagers dont les périodes chargées sont étalées dans le temps.

On notera que le gain d'efficacité dans l'utilisation du spectre dépend aussi des données obtenues au sujet du trafic et des autres hypothèses admises, par exemple celles des § 4 à 6.

4. Données de mesure de la qualité d'un système fonctionnant avec partage de plusieurs canaux

Au cours d'une action entreprise au Canada pour évaluer la qualité de fonctionnement des systèmes à partage de plusieurs canaux, le MDC (Ministère des communications) a recueilli des données de contrôle pour un système radioélectrique à partage de 10 canaux, comportant un canal unique réservé à la signalisation, exploité dans la bande des 800 MHz et pour douze canaux classiques (non partagés) exploités dans la bande des 400 MHz. En ce qui concerne ce système à partage, les canaux sont occupés seulement pendant la durée de transmission, tandis qu'en ce qui concerne les systèmes classiques, le canal est occupé pendant la durée du message.

En se basant sur les conditions moyennes de trafic à l'heure de pointe, on a comparé l'occupation de transmission et la probabilité moyenne d'attente et les résultats sont donnés au Tableau I.

TABLEAU I

	Probabilité moyenne d'attente (%)	Occupation moyenne de transmission à l'heure de pointe (%)
Système avec partage	13	64
Système classique	53	33

Le Tableau I indique que l'utilisation de partage de canaux a eu pour résultat de réduire de façon très importante la durée d'attente et d'accroître la charge des canaux, si on compare ces caractéristiques avec celles des systèmes classiques ayant des classes similaires d'usagers.

5. Systèmes «déséquilibrés»

Comme on l'a vu au § 2.1, dans le cadre de l'exploitation d'un parc de véhicules le nombre d'usagers d'un système radioélectrique mobile sera souvent réduit même si le nombre des stations mobiles est grand. De plus, la charge de trafic offerte par les différents usagers varie souvent dans des proportions considérables [Davis et Mitchell, juin 1979]. Un système regroupant petits et grands usagers est appelé «déséquilibré», les gros usagers pouvant bénéficier d'une qualité d'écoulement du trafic bien meilleure que les petits usagers [Davis et Mitchell, avril 1978]; un gros usager offre un grand volume de trafic, comparativement à un petit usager. Il s'agit alors de savoir quelle est la qualité d'écoulement du trafic qui servira de critère pour déterminer la charge admissible du système.

Considérons par exemple l'efficacité des canaux qu'il est possible d'obtenir dans un système déséquilibré, lorsqu'on applique un certain critère de qualité d'écoulement du trafic:

- aux communications des plus gros usagers seulement,
- aux communications des plus petits usagers seulement.

Le critère de qualité d'écoulement du trafic choisi pour cet exemple est un délai d'attente supérieur à une durée d'occupation moyenne, pour 15% des appels environ. Seul le délai d'attente pour la libération d'un canal est pris en considération; on ne tient pas compte du délai d'attente imputable aux autres stations mobiles du même parc de véhicules.

La Fig. 4 [Davis et Mitchell, juin 1979] montre les résultats obtenus pour des systèmes à 1, 3 et 5 canaux. Lorsqu'on applique le critère de qualité aux gros usagers seulement l'efficacité des canaux peut devenir beaucoup plus grande qu'elle ne le serait dans un système équilibré mais identique par ailleurs. Ce phénomène est illustré par la courbe A de la Fig. 4. Pour les petits usagers, la probabilité d'attente sera probablement plus grande que ne l'indique le critère de qualité retenu, mais comme ces usagers font peu d'appels, le nombre de fois qu'ils auront à supporter un délai important demeurera faible et peut-être acceptable. La courbe A montre que dans ce cas le déséquilibre réduit l'intérêt du partage car il ne permet d'accroître la charge que d'un seul canal.

Si l'on applique le critère de qualité d'écoulement du trafic aux petits usagers d'un système déséquilibré, l'efficacité des canaux sera généralement la même que dans un système équilibré, illustré par la courbe B.

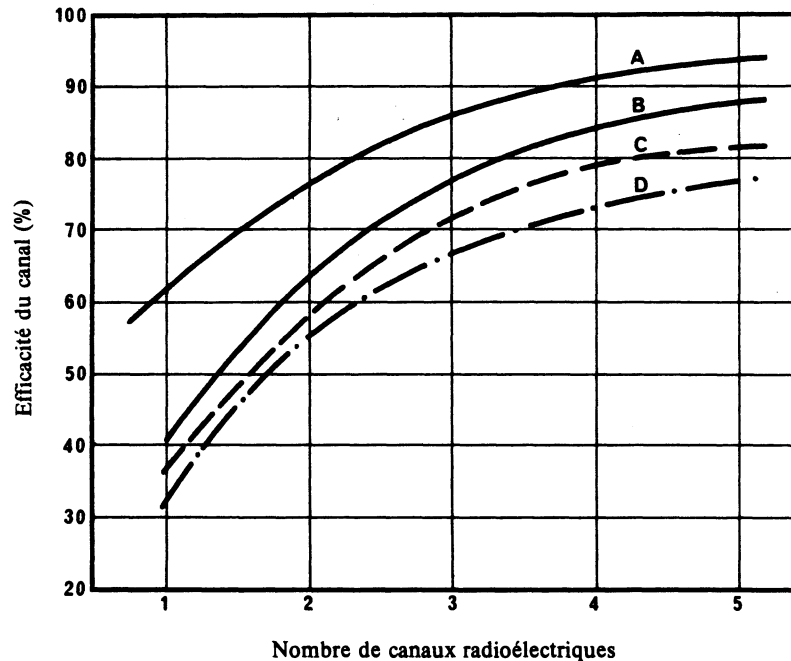


FIGURE 4 - Efficacité des canaux radioélectriques, dans des systèmes équilibrés et déséquilibrés, en fonction du nombre des canaux (probabilité cumulative pour que le délai d'attente soit supérieur à la durée d'occupation moyenne: 0,165)

- Courbes A: obtenue lorsque le critère de qualité d'écoulement du trafic est appliqué seulement aux gros usagers (PC) dans un système déséquilibré
 B: obtenue lorsque le critère de qualité d'écoulement du trafic est appliqué seulement aux petits usagers, dans un système déséquilibré
 C: correspond à un système équilibré dans lequel tous les usagers offrent le même volume de trafic
 D: résulte de la théorie classique du trafic téléphonique

Note. - On admet que dans le cas d'un système déséquilibré, il y a 1 gros usager et 11 petits usagers d'égale importance par canal (rapport approximatif de leurs volumes de trafic: 11:1). Dans le cas d'un système équilibré, on compte 12 usagers par canal.

6. Signalisation

Dans les systèmes à partage de plusieurs canaux qui fonctionnent avec mise en file d'attente des demandes de communications entrantes, le système de signalisation servant à traiter les communications est d'une importance décisive pour la qualité de fonctionnement. Les principaux facteurs à prendre en considération dans la conception sont les suivants:

- la méthode d'attribution du canal de signalisation;
- la méthode d'accès au canal de signalisation;
- la méthode de limitation des «collisions»;
- la durée d'attribution des canaux.

6.1 *Méthode pour l'attribution du canal de signalisation*

Le canal radioélectrique donnant accès au centre de commutation peut être un canal spécialisé mais on peut aussi utiliser à cette fin un canal quelconque. Si dans ce dernier cas, l'un des canaux de conversation est temporairement inactif, il peut être repéré comme canal de signalisation et employé ainsi pendant une période limitée. La station mobile qui tente d'établir une communication doit alors détecter ce canal par exploration des canaux radioélectriques, ou par tout autre moyen.

Dans les deux cas – canal spécialisé pour la signalisation ou canal non spécialisé – les stations mobiles qui veulent établir une communication doivent utiliser le même canal. Cela peut poser un problème de «collision», c'est-à-dire qu'il faut chercher le moyen de donner à chaque station qui appelle, une chance équitable d'accéder au canal, conformément à une règle établie.

6.2 *Méthodes d'accès au canal de signalisation*

Il existe deux méthodes fondamentales de répartition des appels dans le temps sur le canal de signalisation disponible:

- une méthode systématique d'accès, par exemple un système d'interrogation séquentiel dans lequel un intervalle de temps particulier (créneau) est attribué à chaque mobile, ce qui lui permet de faire savoir qu'il a un message à transmettre,
- une méthode d'accès aléatoire, par exemple une variante de la méthode «ALOHA» [Kleinrock, 1976], dans laquelle les stations mobiles reçoivent un signal uniforme les invitant à émettre si elles le désirent.

Avec le système d'interrogation séquentiel, la charge de signalisation dépend du nombre d'utilisateurs à interroger et non du trafic offert. Cela est évidemment inefficace dans le cas d'un grand nombre d'utilisateurs dont chacun n'a qu'occasionnellement à écouler du trafic. De plus, toute modification du nombre des stations mobiles entraîne le réaménagement de la routine d'interrogation.

Les systèmes du type ALOHA peuvent être beaucoup plus efficaces à condition que le risque de «collision», c'est-à-dire de dégradation des appels transmis simultanément, soit suffisamment faible.

6.3 *Limitation des «collisions»*

Dans les systèmes du type ALOHA, chaque message de signalisation contient des bits de détection d'erreur permettant à l'équipement de commande de vérifier si le message a été déformé par collision avec une émission simultanée provenant d'une autre SM. Si le signal aboutit, un accusé de réception est envoyé; dans le cas contraire, les SM concernées répètent leurs messages mais avec un retard pris au hasard entre la première et la seconde tentative. Le processus se poursuit jusqu'à ce que les messages passent ou jusqu'à ce qu'un délai prédéterminé se soit écoulé.

Toutefois, selon l'intensité du trafic de signalisation et la disponibilité d'un canal de signalisation, il peut arriver que le système devienne instable, c'est-à-dire que les demandes de communications en instance (qui sont ensuite répétées et s'ajoutent aux nouvelles demandes) deviennent si nombreuses que le débit du canal de signalisation devient nul, entraînant un arrêt complet de l'écoulement du trafic [Kleinrock et Lam, 1975].

L'Annexe I à la Partie A décrit certaines variantes des systèmes ALOHA, ainsi que des méthodes de limitation des «collisions» qui permettent d'améliorer la stabilité.

6.4 *Durée d'attribution des canaux*

Pour un fonctionnement efficace, la durée d'attribution des canaux, c'est-à-dire l'intervalle de temps entre la libération d'un canal et sa nouvelle attribution, doit être court par rapport au délai moyen qui s'écoule entre les libérations des canaux.

La durée d'attribution dépend du débit de signalisation, du format de signalisation, de la méthode d'accès et du système appliqué pour limiter les «collisions».

7. **Autres facteurs importants pour la conception des systèmes**

7.1 *Etablissement des appels «hors émission»*

Pour réduire au minimum le temps d'émission perdu pendant lequel l'appel est établi, tous les appels devraient être établis «hors émission», dans la mesure du possible. Cette pratique revêt une importance particulière lorsque les appels sont établis par l'intermédiaire du réseau téléphonique public, dans lequel les temps d'établissement peuvent être nettement plus longs que les temps d'occupation typiques.

7.2 *Message de fin de conversation*

Il convient d'utiliser un message fiable de fin de conversation pour libérer le canal dès qu'une communication est terminée. On peut être amené également à introduire une constante de temps pour la libération automatique.

8. Conclusions

Bien que le partage de plusieurs canaux entre plusieurs réseaux ne permette pas de résoudre tous les problèmes posés par la pénurie de fréquences dans le service mobile terrestre, il semble cependant que ce soit un outil précieux pour l'utilisation des fréquences.

Les améliorations pouvant être apportées à l'utilisation des canaux dépendent essentiellement du nombre des usagers, de la façon dont le trafic est réparti entre eux et de la qualité d'écoulement du trafic requise. Ces améliorations peuvent donc varier considérablement d'un système à un autre.

Compte tenu de cette réserve, il est à noter que les systèmes à partage des canaux permettent une utilisation plus efficace du spectre et/ou une meilleure qualité d'écoulement du trafic, quel que soit le type de modulation, la largeur de bande des canaux, etc.

Toutefois, la conversion en un système de partage des canaux entraîne pour l'utilisateur des dépenses supplémentaires dues à un appareil de radiocommunication à plusieurs canaux doté d'un circuit de signalisation plus complexe et à une exploitation plus délicate à la station de base.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DAVIS, C. K. et MITCHELL, R. F. [avril 1978] Studies of small trunking systems for mobile radio. Communications'78 Conference Proceedings.
- DAVIS, C. K. et MITCHELL, R. F. [juin 1979] Traffic handling capacity of trunked land mobile radio systems. IEEE International Conference on Communications, Boston, Etats-Unis d'Amérique.
- HAYWARD, W. S. et WILKINSON, R. I. [1970] Human factors in telephone systems and their influence on traffic theory, especially with regard to future facilities. Proc. International Teletraffic Congress, Munich, Allemagne (République fédérale d').
- KLEINROCK, L. [1976] *Queueing Systems*, Vol. 2. John Wiley and Sons, New York, NY., Etats-Unis d'Amérique.
- KLEINROCK, L. et LAM, S. S. [1975] Packet switching in a multi-access broadcast channel — Performance evaluation. *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-23, 410-423.

ANNEXE I A LA PARTIE A

MÉTHODES DE LIMITATION DES «COLLISIONS»

1. Introduction

La présente Annexe passe en revue quelques variantes du système ALOHA et des méthodes de régulation d'accès aux canaux destinées à améliorer la stabilité. On y fait la distinction entre les systèmes avec et sans rétroaction.

2. Systèmes sans rétroaction

Les systèmes de détection de porteuse [Kleinrock et Tobagi, 1975] semblent moins satisfaisants car ils ne peuvent être utilisés pour l'exploitation simplex à deux fréquences et doivent résoudre le problème dit du terminal caché [Tobagi et Kleinrock, 1975].

Avec le système «ALOHA crénélé», dans lequel les paquets de signalisation sont transmis dans des intervalles de temps (créneaux) successifs, le risque de collision est environ deux fois moindre que dans le système ALOHA classique sans intervalles de temps [Abrahamson, 1977].

Lorsqu'on introduit une structure de trame supplémentaire, conçue de telle façon qu'une station mobile ne puisse émettre dans l'un des créneaux d'une trame que si le paquet de signalisation est prêt au début de la trame («système ALOHA crénelé à trame» [Okada et autres, 1977]), la sortie du canal de signalisation est meilleure qu'avec le système ALOHA crénelé [Capetanakis, 1979 et Schoute, 1980].

Dans les deux cas, la stabilité est meilleure s'il y a accrochage, par exemple avec des émissions MF, où un signal de demande de communication puissant peut être reçu correctement même s'il occupe le même créneau que de plus faibles signaux.

Dans les conditions normales de trafic, bien qu'il soit peu probable qu'un système ALOHA crénelé à trame utilisant, par exemple, 3 trames de durée constante comportant chacune 4 intervalles de temps, devienne instable en cas de capture, une certaine forme de régulation dynamique (rétroaction) peut être souhaitable pour les motifs exposés au § 3 ci-après.

3. Systèmes avec régulation dynamique (ou rétroaction)

Diverses raisons justifient l'emploi d'une régulation dynamique, entre autres:

3.1 on suppose en général que le nombre des nouvelles demandes d'appel à l'arrivée est une variable aléatoire qui suit la distribution de Poisson. Cela serait correct si le processus d'arrivée suivait la loi de Poisson *et* si l'intervalle de temps entre deux périodes de signalisation était constant. Si par contre, comme c'est le cas normalement, l'intervalle entre les périodes de signalisation n'est pas constant, cette hypothèse n'est plus valide. Une distribution non conforme à la loi de Poisson entraîne une augmentation de la probabilité d'instabilité du système, surtout dans des conditions d'intensité de signalisation accrue comme les conditions mentionnées en 3.2 et 3.3;

3.2 une charge supplémentaire est imposée au système de signalisation si un événement particulier se produit (par exemple un accident, une file d'attente pour l'écoulement du trafic, etc.) près des limites de la portée radioélectrique. On peut alors s'attendre à une quantité accrue de signaux de faible intensité pendant une période prolongée, ce qui entraîne la diminution de la probabilité de capture;

3.3 des salves initiales de demandes de communication peuvent se produire si, pour une raison quelconque (par exemple un mauvais fonctionnement technique du système ou, temporairement, des durées d'occupation excessives), il est impossible d'émettre pendant plusieurs minutes des signaux, dans les systèmes à canal de signalisation non spécialisé, et que les stations mobiles sont impatientes de transmettre un paquet de demande.

Les procédures de régulation dynamique ont été étudiées par divers auteurs [Lam et Kleinrock, 1975, et Fayolle et autres, 1977]; on trouvera dans [Schoute, 1980] une analyse quantitative de l'instabilité en l'absence de rétroaction dans le cas d'un système ALOHA crénelé à trame.

La procédure de recherche par divisions binaires, décrite dans les Annexes I et II au Rapport 596, associée au «système ALOHA crénelé à trame», fournit en particulier pour les services mobiles maritimes par satellite un exemple de régulation dynamique de l'accès aléatoire qui peut assurer un débit relativement élevé [Capetanakis, 1979].

Un autre exemple, spécifiquement adapté aux radiocommunications mobiles terrestres à usage privé, est le système ALOHA crénelé avec commande dynamique de la longueur de trame [Schoute, 1980].

Dans ce système, le nombre des intervalles de temps contenus dans une trame n'est pas constant mais il s'adapte automatiquement à la demande prévue, ce qui élimine la source d'instabilité. L'algorithme utilisé dans ce système est traité par le centre de commutation et commande le nombre de créneaux disponibles dans une trame, d'après les observations relatives à l'utilisation de ces créneaux au cours d'une trame antérieure. Chaque fois qu'un signal de déclenchement ALOHA est émis, les stations mobiles sont informées du nombre de créneaux disponibles. Chaque station mobile qui a un appel en instance choisit alors au hasard l'un de ces créneaux.

L'opération d'actualisation du nombre d'intervalles dans la nouvelle trame est fondée sur:

- le nombre d'intervalles de temps utilisés avec succès, altérés ou vides dans la trame précédente,
- le nombre prévu de nouveaux appels depuis le début de cette trame,
- des données qui sont calculées (de façon indépendante) à partir de renseignements (mis en mémoire) sur les propriétés du système de modulation, sur les conditions régionales de propagation radioélectrique et sur la distribution géographique des stations mobiles.

La mise à jour des informations stockées, pour tenir compte de l'évolution progressive des conditions, peut être réalisée au moyen d'un processus d'apprentissage automatique fondé sur des observations à long terme, au moyen d'un logiciel approprié à incorporer dans le centre de commutation.

Si l'on admet certaines hypothèses pratiques, le nombre d'intervalles de temps contenus dans une trame est égal à l'unité pour de faibles intensités de trafic et peut atteindre 15, par exemple, pendant l'heure chargée.

Le nombre variable des créneaux entraîne aussi un temps de signalisation et un temps d'attente qui, pour une faible intensité de trafic, sont tous deux égaux à environ la moitié des temps requis avec le système ALOHA crénelé avec durée de trame fixe, mentionné au § 2 ci-dessus.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABRAHAMSON, N. [1977] The throughput of packet broadcasting channels. *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-25, 117-128.
- CAPETANAKIS, J. I. [1979] Three algorithms for packet broadcast channels. *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-25, 505-515.
- FAYOLLE, G., GELENBE, E. et LABETOULLE, J. [1977] Stability and optimal control of the packet switching broadcast channel. *J. ACM*, Vol. 24, 375-386.
- KLEINROCK, L. et TOBAGI, F. [1975] Random access techniques for data transmission over packet switched radio channels. Nat. Computer Conference 1975.
- LAM, S. S. et KLEINROCK, L. [1975] Packet switching in a multi-access broadcast channel – Dynamic control procedures. *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-23, 891-904.
- OKADA, H. et autres [1977] Analysis and application of framed ALOHA channel in satellite packet switching networks – FADRA method. *Electron. and Comm. in Japan*, Vol. 60-B, 72-80.
- SCHOUTE, F. C. [juillet 1980] Control of ALOHA signalling in a mobile radio trunking system. IEE radio spectrum conservation techniques. Conference Publication No. 188, 38-42.
- TOBAGI, F. et KLEINROCK, L. [1975] Packet switching in radio channels – Part II. *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-23, 12, 1417-1433.

PARTIE B

SYSTÈMES EN COURS D'INSTALLATION OU
PRÉVUS DANS UN PROCHE AVENIR

Les systèmes mentionnés dans la Partie B ne satisfont pas nécessairement à toutes les indications relatives à la conception, mentionnées dans la Partie A.

Les caractéristiques de base des systèmes décrits sont résumées au Tableau I.

1. Exemple de système radioélectrique mobile de dispatching à partage de plusieurs canaux, utilisé aux Etats-Unis

Aux Etats-Unis, des systèmes radioélectriques à partage de plusieurs canaux sont actuellement installés pour l'écoulement du trafic de dispatching: ils utilisent de 5 à 20 canaux dans la bande des 900 MHz. Dans chacun de ces systèmes, un canal est réservé à la signalisation et il sert à acheminer toutes les demandes de service et les instructions aux stations mobiles. ——— Les autres canaux sont prévus pour des communications téléphoniques bidirectionnelles.

Le canal réservé à la signalisation est agencé selon une configuration d'intervalles de temps permettant de limiter les «collisions»; il utilise un format de mot à 78 bits, nécessitant un temps d'émission ——— d'environ 23 ms. Un format de mot à 21 bits transmis à 150 bauds sur la voie téléphonique permet une signalisation de connexion et de déconnexion infra-acoustique à l'intention des unités mobiles. On utilise des techniques de détection d'erreur et de correction de code pour protéger l'intégrité de l'information.

Les demandes de service sont placées dans des files d'attente et les stations mobiles sont servies selon le principe «premier arrivé, premier servi». D'une manière générale, les usagers parlent pendant des périodes de 2 ou 3 secondes seulement, avec des pauses de quelques secondes entre ces périodes. La vitesse de signalisation du système permet au processeur de reconnaître ces pauses dans la conversation et de récupérer les canaux au repos pour les affecter à d'autres groupes. Lorsque le groupe d'utilisateurs initial est prêt à poursuivre son message, on lui attribue une nouvelle voie téléphonique (ou on place sa demande dans une file d'attente prioritaire si aucune voie de conversation n'est disponible).

On étudie actuellement la possibilité d'utiliser ce système à partage de plusieurs canaux pour la desserte de zones étendues, pour les communications entre appareils portatifs et/ou récepteurs de satellite et les communications directes entre stations mobiles et appareils portatifs.

2. Caractéristiques de base d'un système avec partage de plusieurs canaux qu'il est prévu d'utiliser en Suède

En Suède, _____ un système avec partage de plusieurs canaux assurant une couverture nationale, appelé «MOBITEX», a été mis en service [STA, 1986]. Une infrastructure commune desservira plus de 40 000 stations mobiles et 4000 postes de commande dans tout le pays, grâce à 150/200 emplacements de stations de base dans une structure à cellules et quelque 1000 équipements de voie. _____ La localisation automatique des abonnés itinérants entre stations de base est assurée.

Dans le système MOBITEX, des messages de données ou de texte, ainsi que des messages téléphoniques peuvent être échangés entre des stations mobiles et leurs postes de commande ou entre stations mobiles.

Pour l'envoi des données et des textes, on utilise des paquets de longueur variable selon la méthode d'enregistrement et retransmission. MOBITEX est avant tout un protocole de communication en couches applicable, quel que soit le débit de données, en ondes métriques ou décimétriques. Pour le trajet radioélectrique, on utilise un protocole comprenant un codage pour la correction des erreurs et l'ARQ sélectif. Pour la partie sur ligne fixe (station de base – centre de commutation – poste _____ de commande), on utilise la Recommandation X.21 bis du CCITT et la procédure HDLC (commande de liaison de données à haut niveau).

La méthode de réduction des «collisions» est essentiellement celle que décrit le § 3 de l'Annexe I à la Partie A (système ALOHA crénelé à trame avec régulation dynamique) moyennant l'adjonction de certaines caractéristiques. La longueur maximale du paquet pouvant être transmis par une station mobile sans demande d'accès à la voie et la longueur du créneau peuvent être modifiées dynamiquement et indépendamment par la station de base. Celle-ci émet aussi un signal de silence (occupé) dès qu'elle décèle qu'une émission lui est adressée (comparer avec CSMA). Le protocole de réduction des collisions est de plus capable d'autoriser seulement certaines stations mobiles à émettre (comparer la procédure de recherche binaire).

Les canaux radioélectriques d'une station de base peuvent être utilisés à différentes fins de manière dynamique. Un des canaux est utilisé comme canal de gestion principal et il partage la fréquence avec les autres stations de base selon le principe de la répartition dans le temps. Les autres canaux peuvent être utilisés pour le trafic téléphonique ou de données et comme canaux d'accès aléatoire supplémentaires en fonction de la charge de trafic. L'information relative à la façon dont les canaux doivent être utilisés par les stations mobiles est transmise de temps en temps par la station de base.

Pour éviter des délais excessifs, des restrictions sont imposées au temps de maintien des communications téléphoniques. Des connexions avec le RTPC et les réseaux publics pour données sont prévues.

3. Système _____ radioélectrique mobile de dispatching à ressources partagées mis au point aux Pays-Bas et au Royaume-Uni

Ce système _____ de dispatching à partage de plusieurs canaux mis au point aux Pays-Bas et au Royaume-Uni fonctionne conformément au principe de mise en attente et utilise un centre de commutation du type commande par programme enregistré. La communication est possible en mode semi-duplex entre une station mobile et son poste de commande de même qu'en mode simplex à deux fréquences entre les stations mobiles du même parc de véhicules. **Plusieurs exploitants ont actuellement installé un système de ce type au Royaume-Uni [DTI, 1987; Somerville et Tridgell, 1987]. D'autres variantes sont en cours d'installation en République fédérale d'Allemagne et en Finlande.**

La signalisation binaire utilise un format de message contenant la synchronisation appropriée, les bits de données et de protection contre les erreurs. La méthode de régulation d'accès aux canaux est celle décrite au § 3 de l'Annexe à la Partie A connue sous le nom de système ALOHA à créneaux avec commande dynamique de la longueur de trame.

Ce système convient pour une voie radioélectrique et plus il peut être entendu jusqu'à la limite de la matrice de commutation en ajoutant des équipements pour les nouvelles voies et en mettant à jour les tableaux des mémoires mortes (ROM) dans le processeur et les stations mobiles. Pour ajouter des stations mobiles, il suffit de mettre à jour les tableaux d'abonnés dans la mémoire du processeur central. La même chose s'applique aux postes de commande jusqu'à la limite de la matrice de commutation.



Le système utilise habituellement un analyseur de voies quand leur nombre est faible, mais si l'on veut améliorer encore l'efficacité du système lorsque le nombre des voies augmente, il est possible de passer à un mode d'exploitation du canal réservé à la signalisation en n'apportant que des modifications mineures au logiciel. La voie de signalisation peut aussi être partagée entre plusieurs stations de base avec répartition dans le temps.

Le système assure les fonctions auxiliaires telles que appels de groupe, communication en transit, transfert des appels, — appels d'urgence et toutes sortes de possibilités de messages de données. Il permet aussi le traitement des informations nécessaires pour une exploitation en zones multiples (par exemple de suivre le déplacement de la station mobile) et la gestion du réseau.

Pour évaluer les incidences d'une exploitation avec partage des canaux pour différentes configurations de systèmes dans diverses conditions (charge du trafic sur les canaux, propagation, etc.), des essais de simulation de trafic ont été effectués en utilisant un analyseur et simulateur de trafic [CCIR, 1978-82a] informatisé qui assure la signalisation et simule le trafic d'un nombre arbitraire de postes de commande et de stations mobiles virtuels et analyse le trafic engendré.

La distribution cumulative des temps d'attente fournie par l'analyseur du dispositif de simulation a permis de comparer les caractéristiques des diverses configurations de système utilisées dans des circonstances différentes.

4. Caractéristiques fondamentales d'un système de dispatching — en URSS

En URSS, une partie du spectre comprise dans la bande 300-340 MHz est réservée aux systèmes à canaux partagés du type dispatching, utilisant une sélection automatique des canaux. Les caractéristiques techniques fondamentales des équipements du système sont fondées sur les normes d'Etat en vigueur en URSS, mais la configuration du réseau et d'autres paramètres de ces systèmes ne sont pas normalisés.

Un système du type dispatching à sélection automatique des canaux, mis au point en URSS et destiné au service mobile, est décrit ci-après. Le système est conçu pour l'organisation de communications radioélectriques du type dispatching au moyen de stations fixes et de stations mobiles. — Une caractéristique spécifique du système consiste dans le fait qu'un nombre d'utilisateurs du même type sont réunis pour former des groupes gérés par un seul poste de commande. Les groupes peuvent varier considérablement quant à leur taille, et le nombre de stations mobiles dans chaque groupe n'est pas fixé *a priori*. En outre, le système prévoit des mesures spéciales pour les utilisateurs prioritaires, qui peuvent ainsi effectuer des appels individuels. Pratiquement, le nombre d'abonnés au système est déterminé par le nombre de postes de commande (groupes d'utilisateurs) et le nombre de stations mobiles prioritaires. Afin de garantir la qualité de service requise, des limites sont imposées à la durée d'occupation du canal radioélectrique, c'est-à-dire que le système est protégé contre les risques d'attentes excessivement longues. Dans l'intérêt d'une planification efficace de l'utilisation des fréquences dans une zone donnée, le système utilise le mode d'exploitation simplex à deux fréquences.

Caractéristiques techniques

4.1 L'équipement fonctionne sur huit fréquences fixes (quatre pour la réception et quatre pour l'émission) formant un groupe (jonction HF) de quatre canaux à deux fréquences.

4.2 Avec un espacement de fréquence de 25 kHz dans une bande de 1 MHz, on peut ainsi former 10 groupes.

La séparation de fréquence minimale entre les canaux adjacents d'une jonction est de 25 kHz et la séparation maximale entre les canaux extrêmes d'une jonction de 175 kHz. L'espacement de fréquence à l'intérieur d'une jonction n'est pas uniforme et élimine les produits d'intermodulation du troisième ordre. Cette structure de fréquences en grille minimise les brouillages internes du système.

4.3 A l'intérieur d'une jonction, trois canaux sont également accessibles et un quatrième est utilisé pour l'accès privilégié d'un nombre limité de stations mobiles (stations mobiles prioritaires).

4.4 La prise des trois canaux également accessibles d'une jonction s'effectue en appel automatique avec recherche du canal libre. Pour la localisation automatique du canal libre, une tonalité repère est transmise sur tous les canaux libres à un instant donné. Une station mobile recherchant l'accès est de cette façon automatiquement reliée à l'un des trois canaux qui se trouve être libre.

- 4.5 Les stations mobiles prioritaires et les postes de commande ont la possibilité d'accéder au quatrième canal (prioritaire) si les trois autres sont occupés.
- 4.6 Dans une jonction, on peut établir simultanément jusqu'à quatre communications entre stations mobiles et une station mobile peut être mise en position d'attente.
- 4.7 Le système comporte un dispositif qui libère les canaux radioélectriques après 20-30 s en l'absence de tout signal de parole.
- 4.8 Les équipements de voie de la station de base peuvent être situés à une distance pouvant aller jusqu'à 5 km du point central de dispatching et ils sont connectés à celui-ci par câble.
- 4.9 Les équipements de voie de la station de base sont conçus pour un service de 24 heures sur 24 en réception et émission. Quand le trafic diminue dans la soirée, un émetteur-récepteur reste en service. Si le canal radioélectrique correspondant est occupé, d'autres émetteurs-récepteurs sont enclenchés automatiquement.
- 4.10 La station mobile est commutée automatiquement sur le récepteur de veille si l'abonné ne décroche pas le combiné téléphonique dans les 10 à 20 s après la sonnerie d'appel.

5. Système radioélectrique mobile de dispatching à partage de plusieurs canaux installé au Japon

5.1 Description du système

Ce système comprend une station de base remplissant les fonctions d'un centre de commutation, des postes de commande et des stations mobiles. Un usager type dispose d'un poste de commande et de plusieurs stations mobiles. Chaque poste de commande est relié à une station de base par un canal radioélectrique, ce qui signifie qu'il fonctionne comme une station mobile en position fixe. La station de base utilise un canal pour la signalisation et 15 canaux pour les communications téléphoniques. La durée maximale des communications téléphoniques est limitée à 60, 120 et 180 secondes selon l'occupation du système. Une stratégie de mise en attente est adoptée qui permet de réserver jusqu'à 30 communications. Il est possible d'établir des communications individuelles, des communications de groupe ou des communications sur canal partagé; le système permet également la transmission de télécopie et de données. Les spécifications normalisées du système permettent, s'il y a lieu, à n'importe quelle station mobile de bénéficier du même service radioélectrique dans tout le pays avec des canaux partagés (service multizone).

5.2 *Etat actuel de l'exploitation*

Le premier système a été mis en service à Tokyo en octobre 1982 et couvre maintenant tout le pays. A la fin du mois d'octobre 1987, il y avait 59 systèmes au Japon comportant environ 9 100 postes de commande et 128 000 stations mobiles terrestres. Ces systèmes sont exploités par huit sociétés différentes dans les principales villes du Japon.

D'après les données d'exploitation du système recueillies à Tokyo en octobre 1987, le nombre total de communications se situe entre 21 000 et 24 000 par système et par jour. Le nombre moyen d'appels par jour et par station est donc inférieur à 8. La période la plus chargée se situe entre 13 heures et 18 heures et pour chaque station la durée moyenne d'occupation au cours de cette période est d'environ 48 secondes.

6. Système à relais communs utilisé en France — RADIOCOM 200

La France a mis en service un système dont les caractéristiques sont les suivantes:

6.1 *Caractéristiques générales*

Exploitation du type dispatching où les postes d'opérateur se relient par voie radio au moment des communications à une station dite «station de base» qui retransmet la communication vers les mobiles. Les communications peuvent s'établir dans les sens poste de commande-station mobile et station mobile-poste de commande.

Les services offerts sont les suivants:

- appel et écoulement de communications entre deux stations mobiles ou entre une station mobile et un groupe de stations mobiles. Le poste de commande est, du point de vue technique, un mobile à l'arrêt;
- appel provenant d'une station mobile vers le réseau téléphonique public avec commutation et vice versa.

6.2 *Caractéristiques du poste mobile* [CNET, 1984]

La station mobile à synthétiseur a accès à 8 canaux choisis parmi la centaine disponible.

Le système peut comporter des postes portatifs d'une puissance de 2 W.

En cas de non-réponse d'une station mobile sous tension, le numéro du correspondant demandeur est gardé en mémoire par la station mobile demandée (utilisation «dispatching»).

6.3 *Caractéristiques de la station de base*

Chaque station de base est prévue pour couvrir une surface correspondant aux possibilités de propagation. La station mobile n'est servie que dans cette zone. Une station de base gère un groupe de 8 canaux. Les émetteurs sont couplés à faible perte sur une antenne unique.

6.4 *Signalisation*

La signalisation utilise le code de l'Appendice 39 au Règlement des radiocommunications. La signalisation est transmise sur un canal sémaphore émettant une porteuse modulée. En cas de saturation, le canal sémaphore peut être utilisé comme canal de trafic. Ensuite, le premier canal disponible est repris comme canal sémaphore.

La capacité de numérotage est de 1000 codes.

6.5 *Rendement des fréquences*

Il est prévu que, dans le type d'exploitation rencontré, un réseau à 8 canaux pourra traiter jusqu'à environ 500 stations mobiles dont une centaine ayant accès au réseau téléphonique public avec commutation.

6.6 *Taxation*

Le poste de commande comprend un enregistrement magnétique des taxes qui sont ensuite traitées pour facturation détaillée.

6.7 *Nombre d'abonnés: mise en service*

Depuis la première mise en service (décembre 1982), le nombre d'abonnés a atteint, à Paris, environ 3000 (mai 1985).

La capacité du système à Paris est de 6000 environ.

Des installations à Marseille (novembre 1984) et à Lyon (mars 1985) ont également été réalisées.

6.8 *Particularités du service*

Au sein d'un groupe ou flotte de stations mobiles, il est possible de créer jusqu'à 9 sous-flottes. Une station mobile peut appartenir à plusieurs sous-flottes.

Le raccordement au réseau est individuel et se fait par une ligne d'abonné vers un autocommutateur privé ou vers le réseau téléphonique public avec commutation.

Au sein d'une flotte, certaines stations mobiles peuvent avoir accès au réseau alors que les autres stations mobiles du groupe n'ont pas cette possibilité.

7. Systemes mobiles de dispatching à partage de plusieurs canaux en Australie

En Australie, des systèmes radioélectriques mobiles de dispatching à partage de plusieurs canaux sont exploités, depuis 1983, dans la bande des 800 MHz et, depuis 1987, dans la bande des 400 MHz. Des systèmes analogues sont prévus dans les bandes des 80 et 160 MHz avec répartition des canaux de 12,5 kHz.

Les systèmes exploités à partir d'une seule station de base peuvent utiliser initialement 5 canaux; des canaux additionnels sont concédés à partir de 350 stations mobiles (soit 70 stations mobiles par canal). Les systèmes desservant des zones étendues (diffusion simultanée et non simultanée) peuvent exploiter jusqu'à 4 stations de base dans une zone de 100 km x 100 km avec 20 canaux radioélectriques, dans un premier temps. L'utilisation de plus de 20 canaux n'est autorisée qu'à partir de 2 000 stations mobiles (soit 100 stations mobiles par canal).

Pour la commande des systèmes, les utilisateurs ont le choix du format de signalisation: certains utilisent un canal de signalisation spécialisé, d'autres se servent des canaux affectés aux communications téléphoniques.

De grands systèmes destinés à assurer une couverture nationale sont à l'étude.

L'interconnexion avec le RTPC est autorisée.

TABLEAU I

Spécifications générales des systèmes

Spécifications	Système	Etats-Unis	Suède (3)	Pays-Bas et Royaume-Uni	URSS	Japon	France	Australie
Classe d'émission		F3E, F2D	F3E, F2D	F3E	F3E	F3E, F2D	G3E	F3E, F2D
Bande de fréquences d'émission (MHz)					300-340			
- station de base		a) 935-940 b) 851-866	76-77,5	201-207 ¹⁾		850-860	200,5-201,3	a) 865-870 b) 415,55-418,05
- poste de commande		896-901 806-821	-	193-199		905-915	-	820-825 406,10-408,60
- station mobile		896-901 806-821	81-82,5	193-199		905-915	192,5-193,3	820-825 406,10-408,60
Mode de communication		Semi-duplex et duplex intégral	Semi- duplex	Semi- duplex ²⁾	Semi- duplex	Semi-duplex	Duplex	Mode simplex à deux fréquences ou duplex intégral
Espacement des canaux (kHz)		a) 12,5 b) 25	25	12,5	25	12,5	12,5	a) 25 b) 12,5
Nombre total de canaux disponibles pour assignation		a) 400 b) 600	-	408 ¹⁾	-	799	72	200
Puissance apparente rayonnée (p.a.r.) (W)								
- équipement de voie		maximum 1 000	typique- ment 25	25 ou moins	-	typiquement 40	18 ±1 dB	50
- poste de commande		typiquement 25	-	5 ou moins	-	10 ou moins	-	1
- station mobile		typiquement 25	typique- ment 15	25 ou moins	-	30 ou moins	10 ±1 dB	25
Zone desservie (rayon, en km)		50	40	15-30	5-15	20-30	15	Une station de base: 30 Système desservant des zones étendues: 100
Signaux téléphoniques								
- type de modulation		MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
- excursion maximale (kHz)		a) ±2,5 b) ±5	±5	±2,5		±2,5	±2,5	a) ±5,0 b) ±2,5
Signaux de commande								
- type de modulation		MDF	MDM-MF	MDF-4	-	MDM-MF	Tonalités multiples	a) MDF b) Séquentielle à tonalités multiples
- excursion maximale (kHz)		a) ±1,5 b) ±3	±3,5	±2,5	-	±2,5	-	±2,5 ±2,0
- code		Plusieurs valeurs possibles	Code NRZ	Code NRZ	-	Code NRZ	-	Plusieurs valeurs possibles
- vitesse de transmission (bit/s)		Plusieurs valeurs possibles	1,200	1,200	-	1,200	-	Jusqu'à 9 600 -
Code de correction d'erreur		Plusieurs valeurs possibles	63,48	CRS	-	Hagelbarger	-	Plusieurs valeurs possibles

Notes relatives au Tableau I

Note 1 - Applicable au Royaume-Uni seulement. En République fédérale d'Allemagne et aux Pays-Bas, les stations de base fonctionnent dans la bande de fréquences 420 - 430 MHz et les postes de commande et les stations mobiles dans la bande 410 - 420 MHz. En Finlande, les bandes sont respectivement 446,5 - 449 MHz et 440 - 442,5 MHz, avec un nombre maximal de 200 canaux.

Note 2 - Le mode duplex est disponible en Finlande.

Note 3 - Exemple de système MOBITEK en Suède.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CNET [1984] (CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES DES TÉLÉCOMMUNICATIONS) Spécification technique ST/PAA/TPA/982 - Spécification des postes mobiles raccordés au système RADIOCOM 200 dans la bande 191-207 MHz.

DTI [1987]. MPT 1327. A signalling standard for trunked private land mobile radio systems. Department of Trade and Industry, Radiocommunications Division, Londres, Royaume-Uni.

SOMERVILLE, A.N. et TRIDGELL, R.H. [décembre 1987]. The derivation of specifications MPT 1343, MPT 1347 and MPT 1352 from signalling standard MPT 1327, IERE 4th International Conference on Land Mobile Radio, Warwick, Royaume-Uni.

STA [octobre, 1986] - MOBITEK terminal specification, LZBA 703 1001. Swedish Telecommunications Administration, Radio Services.

Documents du CCIR

[1978-82]: a. 8/491 (Philips Telecommunicatie Industrie).
