



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
BUREAU DE DÉVELOPPEMENT DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CONFÉRENCE MONDIALE DE DÉVELOPPEMENT DES
TÉLÉCOMMUNICATIONS (CMDT-98)

Document 46-F
17 février 1998
Original: anglais

La Valette, Malte, 23 mars - 1 avril 1998

Pour information

Points de l'ordre du jour: 3.1, 4.1

SÉANCE PLÉNIÈRE

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG*

CONTRÔLE DU SPECTRE ET SYSTÈME DE GESTION DES FRÉQUENCES

Un investissement rentable tourné vers le futur

Bernhard EARNST

D'après les médias, nous nous orientons vers une société de l'information. La vie moderne et l'économie dépendent fortement de l'infrastructure de communication dont les radiocommunications sont un élément clé.

Les radiocommunications sont un élément essentiel de la création de richesses, de la compétitivité et de l'emploi.

1 Le spectre des fréquences radioélectriques - une ressource limitée

1.1 On désigne généralement par spectre radioélectrique les fréquences comprises entre 3 kHz et 3 000 GHz. Les techniques actuelles ne permettent pas encore d'utiliser la partie du spectre bien au-dessus de 100 GHz. Les ondes selon leurs fréquences conviennent à certaines applications. D'une manière générale, les ondes aux fréquences inférieures se propagent plus loin et conviennent à des applications comme la radiodiffusion. Les ondes aux fréquences plus élevées se propagent moins loin, ce qui limite leur intérêt à certains égards, mais signifie qu'elles peuvent être réutilisées de façon plus intensive, elles ont en revanche une capacité de transport de l'information plus grande. Les développements techniques déplacent continuellement vers le haut la limite supérieure du spectre utile et offrent des moyens d'utiliser plus intensivement les fréquences inférieures. Le problème se pose de manière la plus importante dans la gamme 30 MHz - 30 GHz. Ces fréquences sont actuellement les plus utiles et les plus demandées. C'est dans cette partie du spectre que les problèmes d'encombrement réel ou imminent sont les plus graves. Ces problèmes sont les plus importants dans les grandes villes ou sur les artères qui les relient, là où le trafic radio est le plus intense.

* M. Peter Dilger, Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, Munich, Allemagne

Tél: +49 41 292780

Fax: +49 41 293247

1.2 Le spectre est utilisé pour la radiodiffusion sonore et télévisuelle, et aussi pour les liaisons hyperfréquences ou par satellite qui servent à acheminer les appels téléphoniques à longue distance, les télécopies, les télex et les données.

Il est également utilisé pour les radiocommunications mobiles, les services cellulaires et les services de radiorecherche. Les compagnies d'aviation, les sociétés de taxis et de transports routiers, les sociétés d'assistance routière, les sociétés de courrier et de livraison, les entreprises de construction, les sociétés d'exploration pétrolière et les services publics, les agriculteurs et les commerçants dépendent également de la gestion efficace du spectre pour l'exploitation des systèmes de communications privées.

L'Etat et les organismes utilisent également le spectre pour les forces armées, la police, les services d'ambulances, le contrôle du trafic aérien, les services de sécurité maritime, les services de secours et de sécurité publics.

Le personnel paramédical des ambulances utilise le spectre pour transmettre les données cardiaques vitales du patient pendant son transport afin de pouvoir commencer l'établissement du diagnostic avant l'arrivée à l'hôpital.

La police utilise également les radiocommunications pour coordonner les mouvements des policiers et consulter les ordinateurs centraux de la police depuis leur véhicule.

Les signaux de radars sont utilisés par les contrôleurs du trafic aérien pour déterminer la position des aéronefs et empêcher les collisions, les signaux radioélectriques utilisés par les systèmes d'atterrissage aux instruments, permettent aux aéronefs d'atterrir en toute sécurité la nuit ou en cas de mauvaise visibilité.

Les radars et les systèmes de radiocommunications maritimes jouent un rôle essentiel en navigation maritime et pour les communications avec les stations côtières, notamment lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises. Les signaux radios émis par les navires et les aéronefs ont un rôle vital pour la recherche et le sauvetage.

L'utilisation des techniques radio devient de plus en plus importante dans les milieux professionnels: elles sont utilisées dans les liaisons hertziennes entre plusieurs ordinateurs dans le même bâtiment, dans la même ville ou à travers les pays.

Chez le particulier, le spectre est de plus en plus utilisé, non seulement pour recevoir les programmes de radiodiffusion et de télévision, mais pour les systèmes d'alarme, les téléphones sans cordon, les systèmes de télécommande, les fours micro-ondes et les systèmes d'ouverture des portes de garage.

1.3 Une demande croissante

La croissance économique, la concurrence généralisée et l'offre de télécommunications et de radiodiffusion ainsi que les innovations techniques sont accompagnées d'une demande apparemment insatiable en spectre. La croissance annuelle de 5% (valeur relativement stable) pour les radiocommunications d'entreprises privées atteint 60% pour la téléphonie cellulaire et passe à 30% pour les systèmes de radiocommunications mobiles publics à ressources partagées. La pression de la demande sur le spectre disponible augmente et il devient de plus en plus difficile d'y faire face.

On peut citer par exemple, les communications cellulaires GSM dont l'utilisation croît considérablement.

Aujourd'hui, cinq pays du Moyen-Orient: le Liban, le Koweït, l'Arabie saoudite, les Emirats arabes unis et le Qatar ont un parc de plus de 300 000 abonnés au GSM. La croissance en Europe du nombre d'abonnés aux systèmes numériques est donnée dans le tableau ci-après.

Dans le monde, on dénombrait plus de 16 millions d'abonnés au GSM à la fin mars 1996. Ce chiffre augmente de plus d'un million par mois.

1.4 Le spectre radioélectrique en tant que ressource

Le spectre des fréquences radioélectriques est une ressource naturelle non extensible. Faisant partie de notre environnement, elle doit être préservée et être utilisée le plus efficacement possible pour les communications. La qualité du spectre dépend essentiellement des facteurs suivants:

- brouillages causés aux utilisateurs autorisés (nationalement ou internationalement);
- brouillages artificiels;
- brouillages causés par des utilisateurs non autorisés.

Pour que cette qualité puisse être maintenue, il est nécessaire de détecter et d'éviter les brouillages techniquement et administrativement.

L'UIT a fixé un certain nombre de règles et formulé des recommandations concernant la gestion du spectre et le contrôle du spectre.

Ces règles et ces recommandations permettent aux autorités gouvernementales de:

- servir leurs clients au mieux; et
- garantir les recettes provenant des licences.

2 Gestion du spectre et contrôle du spectre

Comme indiqué précédemment, le spectre des fréquences radioélectriques doit être soigneusement géré et planifié et non seulement au plan national car les ondes radioélectriques ne respectent pas les frontières nationales. La coordination et la gestion internationales nécessaires sont assurées par l'UIT.

2.1 Gestion du spectre - définition

La gestion du spectre est l'association de procédures administratives, scientifiques et techniques nécessaires pour obtenir une exploitation efficace des équipements et services de radiocommunication sans causer de brouillages préjudiciables. Autrement dit, la gestion du spectre est le processus global de régulation et d'administration de l'utilisation du spectre radiofréquence. L'objectif de la gestion du spectre est de maximiser l'efficacité spectrale et de minimiser les brouillages. Les règles et les règlements, fondés sur la législation applicable, sont une base réglementaire et juridique pour le processus de gestion du spectre. Les bases de données d'information, intégrant des données détaillées concernant tous les utilisateurs autorisés du spectre, sont le fondement administratif et technique du processus. L'analyse des informations contenues dans ces bases de données facilite le processus de gestion du spectre et notamment les décisions d'attribution du spectre, d'attribution de fréquences et d'attribution de licences. Le contrôle du spectre permet l'inspection, la vérification et les mesures contraignantes nécessaires pour maintenir l'intégrité du processus de gestion du spectre.

Le diagramme montre les éléments de base d'un système de gestion du spectre.

On distingue trois tâches principales, à savoir:

- l'attribution du spectre pour un type d'utilisation particulier, tel le contrôle du trafic aérien, les téléphones sans cordon ou les liaisons hyperfréquences;
- la coordination de fréquences qui permet l'utilisation optimale du spectre attribué par un nombre maximal d'utilisateurs;
- l'octroi de licences, le coût du spectre, la facturation, les mesures coercitives. Une puissante base de données doit être mise en place pour pouvoir effectuer ces tâches administratives.

L'efficacité de cette partie de gestion du spectre est décisive pour savoir si tout le processus de gestion du spectre sera rentable pour les autorités concernées.

En particulier, il convient d'établir une politique de fixation du prix du spectre sur la base du recouvrement des coûts de la situation du marché du spectre.

Pour pouvoir tirer tous les avantages de la gestion du spectre il faut disposer de procédures contraignantes efficaces pour que les utilisateurs respectent les termes de leurs licences et les règles et réglementations techniques.

- Contrôle du spectre

Le contrôle du spectre est étroitement lié à la gestion du spectre dans la mesure où il permet d'obtenir des données fiables pour la planification du spectre et la vérification de son utilisation.

2.2 Systèmes de contrôle du spectre

Les données de contrôle du spectre sont une condition préalable à la gestion du spectre.

Au niveau le plus élevé, les données nécessaires sont:

- celles qui concernent l'occupation actuelle du spectre comparativement à l'occupation autorisée;
- les différences par rapport aux paramètres de transmission autorisés;
- celles qui concernent les paramètres de localisation et de transmission des émetteurs légaux et illégaux;
- celles qui concernent les brouillages entre ou parmi les émetteurs;
- les recommandations pour résoudre les cas de brouillages.

Les opérateurs ont besoin de ces données ainsi que de données paramétriques concernant la fréquence centrale du signal, la largeur de bande, la puissance, le type de modulation et le débit, l'azimut ou la position de la source du signal, les horaires, l'identification des émetteurs et le contenu des signaux.

Ces données peuvent être groupées comme suit:

- 1) identité et coordonnées des émissions illégales/inconnues/non autorisées;
- 2) bandes ou fréquences subissant des encombrements, des brouillages et/ou des problèmes de coordination;
- 3) capacité d'occupation du spectre;
- 4) mesures des paramètres relatifs aux émetteurs autorisés incluant la puissance, la fréquence, la largeur de bande, le type de modulation et les débits.

Contrairement au système de gestion du spectre qui se compose essentiellement d'un système informatique et du logiciel associé, le système de contrôle des émissions nécessite un important investissement en matériel.

Les diagrammes suivants et les photos montrent l'architecture de base d'un système de contrôle des émissions à l'échelle nationale et des exemples d'installation réelle, fixe ou mobile.

La complexité d'un tel système de contrôle du spectre varie fortement en fonction de:

- la taille et la topographie;
- la population et sa répartition;
- le nombre des services radioélectriques en place;
- la situation économique,

du pays concerné.

En fonction de ces paramètres, il est possible de mettre en place des capacités de contrôle du spectre dans les phases ultérieures. Ainsi on peut commencer avec quelques sous-systèmes fixes ou mobiles autonomes et passer ultérieurement à un réseau.

En outre, le système de contrôle du spectre doit disposer d'un potentiel de croissance suffisante, au plan technique et opérationnel, pour suivre le développement rapide des techniques de contrôle du spectre.

3 Aspects financiers de la gestion du spectre

Outre les aspects techniques et opérationnels, la gestion du spectre peut s'avérer rentable pour les autorités.

3.1 Avantages économiques de la gestion du spectre

- Qualité élevée du spectre

Une gestion des fréquences et un contrôle du spectre efficaces permettent à l'autorité d'offrir un spectre à la manière d'un produit de haute qualité. Un nombre plus important de clients pourront ainsi utiliser le spectre plus efficacement et donc un plus grand nombre de licences pourra être accordé et un montant plus élevé de redevances pourra être perçu.

- Un faible nombre d'utilisateurs non autorisés

En utilisant les capacités offertes par un système moderne de contrôle du spectre, le nombre de stations non autorisées peut être réduit de manière importante. En Allemagne, par exemple, on estime que le nombre de stations non autorisées est inférieur à 1%. Ici encore, un contrôle du spectre et une gestion des fréquences adaptées permettront des recettes plus importantes.

- Impact sur l'économie nationale

Des études ont été effectuées pour chiffrer l'impact des radiocommunications sur l'économie nationale. D'après une étude britannique (1995/1996), pour donner un exemple, la contribution économique des systèmes radioélectriques est la suivante:

- **création de richesses:** supérieur à 15 milliards de dollars des Etats-Unis par an (valeur de 1994), représentant 1,5% du produit intérieur brut du Royaume-Uni lorsque la fabrication, la vente et l'activité service associées au système radioélectrique sont pris en considération;

- **sur la compétitivité:** de 10 à 17 milliards de dollars des Etats-Unis de gains d'efficacité et davantage pour le consommateur;
- **sur l'emploi:** plus de 300 000 emplois.

3.2 Coûts de la gestion des fréquences

Fondamentalement, les coûts de la gestion des fréquences diffèrent de manière importante selon les pays. Cela dépend fortement du niveau de gestion des fréquences.

Pour donner un exemple: le coût total de la gestion des fréquences y compris l'exploitation, l'administration, l'octroi de licences, la facturation, le contrôle du spectre et les investissements associés ont représenté une valeur de 140 millions de dollars des Etats-Unis dans la République fédérale d'Allemagne en 1995/1997.

Ce montant se subdivise en:

- 60% (soit 84 millions de dollars EU) pour les coûts en personnel; et
- 40% (soit 56 millions de dollars EU) pour les autres coûts.

L'investissement en capital représente 10%, (soit 14 millions de dollars EU).

Ces chiffres sont certainement comparables à ceux des autres pays membres de l'Union européenne, mais ils peuvent différer pour les pays non européens.

3.3 Exemple de scénario d'investissement dans le domaine de la gestion de fréquence

Cet exemple montre comment les investissements consacrés à la mise en place d'un système de gestion des fréquences et de contrôle des émissions peut être rentable pour une autorité, même si l'on ne considère que les facteurs financiers.

Les dépenses d'équipement seraient de 1 million de dollars. La période de temps considérée est de dix ans.

On suppose une augmentation des redevances perçues au titre de la licence de 5% par an et un taux de recouvrement de 50% à 100% à la fin de la période, grâce à l'efficacité du système.

Les Tableaux 1 à 3 montrent le calcul de perte de profit, les dépenses d'investissement et les mouvements de trésorerie dans cet exemple.

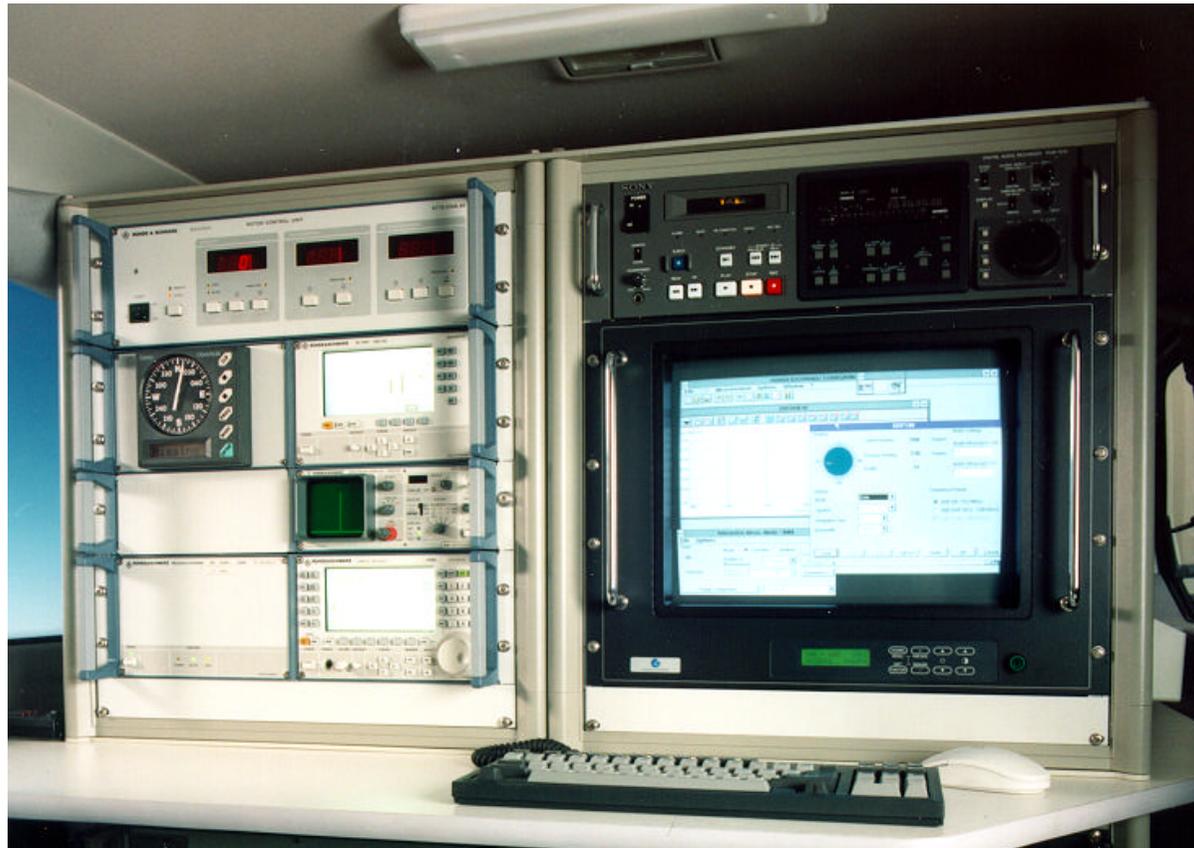
L'évolution des mouvements de trésorerie, en particulier montre que la mise en place d'un système de gestion du spectre est un investissement rentable.



Système ARGUS mobile



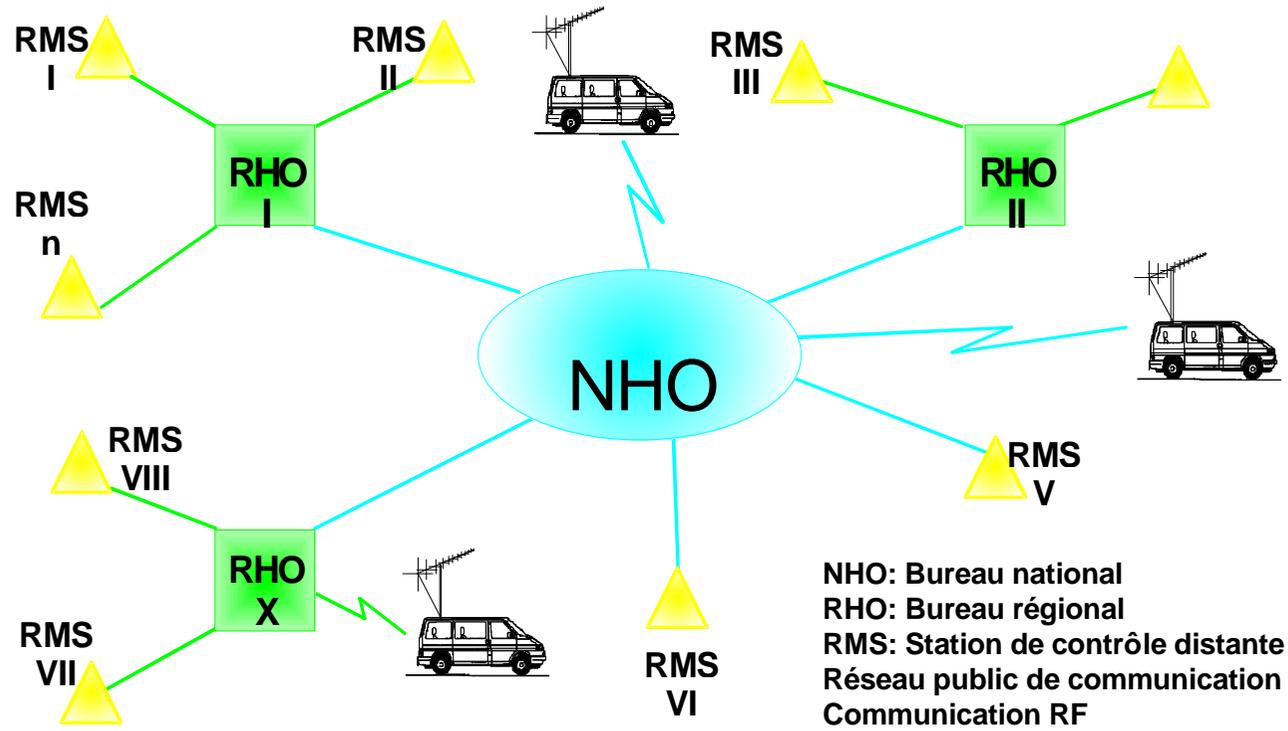
Station fixe ARGUS



Baie dans un véhicule de radiogoniométrie



Position d'opérateur



Systeme constitué en réseau

Profits et pertes (en milliers de dollars EU)											
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	Recettes	350	490	643	810	851	893	938	985	1 034	1 086
	recettes potentielles	700	735	772	810	851	893	938	985	1 034	1 086
	taux de recouvrement	50 %	67 %	83 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
-	Dépenses d'exploitation et d'administration	250	265	281	298	316	335	355	376	398	422
-	Dépréciation	0	100	110	120	130	140	150	160	170	180
	Bénéfice d'exploitation	100	125	252	393	405	419	433	449	466	484
-	Intérêts sur les dettes	0	120	108	96	84	72	60	48	36	24
=	Bénéfice avant impôt	100	5	144	297	321	347	373	401	430	460
	12% coût du capital										
	100 000 de dollars EU remboursement annuel de la dette (prêt)										
	50% taux de recouvrement pour les licences de fréquences en 1997										
	100% taux de recouvrement pour les licences de fréquences à partir de l'an 2000										
	5% augmentation annuelle des taxes de licence										
	6% augmentation annuelle des dépenses d'exploitation										
Profits et pertes (en milliers de dollars EU) (sans unité de gestion du spectre)											
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	Recettes	350	356	363	370	377	384	391	398	405	413
-	Dépenses d'exploitation et d'administration	200	212	225	238	252	267	284	300	319	338
=	Bénéfice d'exploitation	150	144	138	132	125	117	107	98	86	75
=	Bénéfice avant impôt										
	50% taux de recouvrement pour les licences de fréquences en 1997										
	3% diminution annuelle du taux de recouvrement (les nouveaux utilisateurs essaieront de ne pas payer étant donné que certains autres ne paieront										

	pas)
--	------

Mouvements de trésorerie (en milliers de dollars EU)	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Encaissement										
Résultats d'exploitation (profits et pertes)	100	105	254	417	451	487	523	561	600	640
Prêts	1 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Décaissement										
Dépenses d'investissement	1 000	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Remboursement des prêts	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Trésorerie disponible (FCF)	100	-95	54	217	251	287	323	361	400	440
FCF cumulative	100	5	59	276	527	814	1 137	1 498	1 898	2 338
FCF actualisée	100	-85	43	154	160	163	164	163	161	159
FCF actualisée cumulative (taux d'intérêt = 12%)	100	15	58	213	372	535	699	862	1 024	1 182

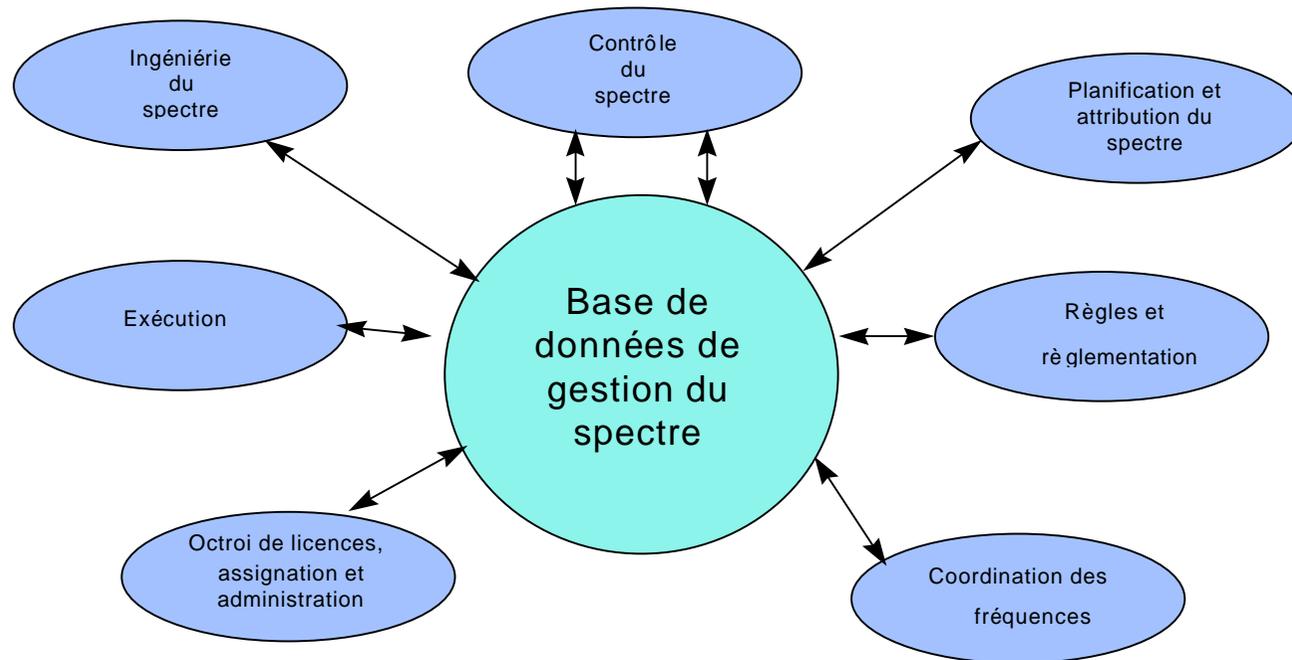
valeur nette actuelle pour la période allant jusqu'à 2006 = 1 182 000 de dollars EU

(décroit encore après 2006)

Mouvements de trésorerie (en milliers de dollars EU) (sans unité de gestion du spectre)											
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Encaissement											
Résultats d'exploitation (profits et pertes)	150	144	138	132	125	117	107	98	86	75	
Décaissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Trésorerie disponible (FCF)	150	144	138	123	125	117	107	98	86	75	
FCF actualisée cumulative	150	294	432	564	689	806	913	1 011	1 097	1 172	
FCF cumulative	150	128	110	94	79	66	54	44	35	27	
FCF actualisée cumulative (taux d'intérêt = 12%)	150	278	388	482	561	627	681	725	760	787	

valeur nette actuelle pour la période allant jusqu'à 2006 = 787 000 de dollars EU

(décroit encore après 2006)



Éléments de base de la gestion du spectre