

Normalisation et fréquences

Par François RANCY

Le spectre des fréquences radioélectriques constitue la ressource rare qui sous-tend la plupart des applications dont nos sociétés sont devenues largement dépendantes en quelques décennies : du GSM à la 5G, du Wi-Fi au Bluetooth, de la radio FM au DAB et à la TNT et à la télévision par satellite, du GPS à l'imagerie spatiale. Le spectre nourrit également nombre d'autres activités essentielles, telles que les transports aériens, fluviaux ou maritimes, la défense et la sécurité des populations, la recherche scientifique et spatiale, la météorologie, l'observation du climat et des ressources de la Terre.

Dès la mise au point du télégraphe sans fil, la nécessité d'organiser et d'encadrer l'usage du spectre au niveau mondial est apparue clairement et la conférence radiotélégraphique internationale de 1906 ouvrait la voie en adoptant la première édition du Règlement des Radiocommunications (RR), sous l'égide de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT). Deux ans après les premières expérimentations de télévision, la conférence de 1927 adoptait le premier tableau d'attribution des bandes de fréquences, répartissant le spectre entre services compatibles afin d'éviter les brouillages et créait la structure chargée de conduire les études techniques pour l'élaboration de normes en matière d'usage du spectre et la préparation des décisions des conférences mondiales. Les ingrédients nécessaires étaient dès lors en place pour assurer le développement durable de l'écosystème mondial des radiocommunications par la production de règles et de normes d'application universelle, comme en témoigne la croissance exponentielle du secteur dans les cinquante dernières années.

Depuis 1906, l'organisation internationale de la gestion du spectre a été régulièrement améliorée dans le cadre du mandat donné au Secteur des Radiocommunications de l'UIT (l'UIT-R) d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre des fréquences radioélectriques par tous les services de radiocommunications, sur la Terre et dans l'espace⁽¹⁾.

Aujourd'hui, cinq milliards de personnes disposent d'au moins un abonnement mobile dont trois milliards pour le large-bande. Six milliards de récepteurs de radionavigation par satellite permettent de se localiser à tout instant et en tout point du globe, plus d'un milliard de personnes disposent de la TNT et autant d'un récepteur de télévision par satellite. Tout cela dans des bandes de fréquences harmonisées mondialement, organisées et protégées depuis des décennies par l'UIT-R, au fur et à mesure que les technologies sous-jacentes ont émergé.

L'UIT-R est aujourd'hui un champ particulièrement mature de production de règles et de normes, où les pouvoirs législatif, normatif, judiciaire et exécutif sont clairement séparés, à l'issue d'une évolution de 112 ans (voir Tableau 1), et sans changement notable depuis 1992. L'UIT-R est également un champ essentiellement autonome au sein de l'UIT, le directeur du Bureau des Radiocommunications (BR) et les membres du Comité du Règlement des Radiocommunications étant élus directement par la Conférence des Plénipotentiaires de l'UIT. Cette autonomie tient à ce que, structurellement, le secteur n'a été intégré à l'UIT qu'en 1947, même s'il s'appuyait administrativement sur le secrétariat de l'UIT.

(1) Dès 1959, deux ans après le lancement du premier satellite artificiel de la Terre, le Règlement des radiocommunications était modifié pour inclure des attributions de spectre pour les radiocommunications spatiales.

Tableau 1 – Évolution de l'organisation des activités de l'UIT en radiocommunications

NORMATIF	LEGISLATIF	JUDICIAIRE	EXECUTIF
Production de normes mondiales et de meilleures pratiques en matière de radiocommunications	Production de règles internationales sur l'usage du spectre	Adoption de Règles de procédure et résolution des difficultés rencontrées dans l'application du Règlement des Radiocommunications	Administration, publication, information et assistance en relation avec les activités du Secteur
1927-1992 Comité Consultatif International des Radiocommunications (CCIR) : Assemblée Plénière et Commissions d'Études	1906-1938 Conférence radiotélégraphique internationale	1947-1992 Comité International d'Enregistrement des Fréquences (IFRB)	1906-1947 Bureau International de l'UIT
	1938-1966 Conférence Administrative Internationale des Radiocommunications		
	1967-1992 Conférence Administrative Mondiale des Radiocommunications (CAMR)		
1993- Assemblée des Radiocommunications et Commissions d'Études de l'UIT-R	1993- Conférence Mondiale des Radiocommunications (CMR)	1995- Comité du Règlement des Radiocommunications (RRB)	1993- Bureau des Radiocommunications

Le succès de l'UIT-R réside en grande partie dans l'adéquation d'une structure à un objectif : instance mondiale chargée de définir la bonne façon de gérer le spectre, l'UIT-R met en œuvre dans ce but un processus de construction de consensus entre toutes les parties prenantes (gouvernements, régulateurs, opérateurs, industriels, organisations internationales sectorielles). La légitimité de ce processus tient au fait qu'il est validé à toutes ses étapes par les instances nationales légitimes, c'est-à-dire les gouvernements et régulateurs, qui disposent du pouvoir de proposer les lois, de décider de la réglementation et de la normalisation nationales sur l'usage des fréquences, et du pouvoir de police pour les faire appliquer. En ce sens, le travail national, régional et mondial sur les règles et normes en matière d'usage des fréquences est un continuum où les États sont présents à toutes les étapes, à la fois en tant qu'acteurs, décideurs et modérateurs des luttes entre toutes les parties prenantes.

Ce processus conduit à l'adoption consensuelle de deux sortes de produits organisant l'usage du spectre : les règles et les normes internationales.

Les règles internationales sur l'usage du spectre

Il s'agit du Règlement des radiocommunications (RR) et des règles de procédure qui en précisent l'application.

Le RR, qui comprend des procédures et les dispositions techniques et opérationnelles associées, est un traité international qui s'impose aux 193 États membres de l'UIT. Son application permet aux États membres d'obtenir et de garantir la reconnaissance et la protection internationales des utilisations du spectre qu'ils autorisent sur leur territoire ou dans l'espace.

Les Règles de Procédure (RoP) sont adoptées par le Comité du Règlement des Radiocommunications (RRB), composé de 12 membres élus, et visent à préciser l'application du RR. Elles sont adoptées par consensus et soumises à consultation préalable des États membres de l'UIT.

Le RR est mis à jour tous les quatre ans par les Conférences mondiales des Radiocommunications (CMR) pour prendre en compte l'évolution des technologies et des usages du spectre. Ce processus

comprend :

- l'adoption de l'ordre du jour par la CMR précédente ;
- la conduite des études préparatoires par les commissions d'étude de l'UIT-R et leurs groupes de travail (une trentaine de réunions par an, chacune avec typiquement 300 délégués de 50 États membres et 30 membres du secteur UIT-R) ;
- la finalisation de ces études par la réunion préparatoire à la conférence (typiquement 1300 délégués de 110 États membres et 80 membres du secteur UIT-R) ;
- sur la base de ces études, la finalisation des propositions des États membres et des propositions communes des États membres d'une même région ;
- la tenue de la conférence elle-même (typiquement 3200 délégués de 165 États-Membres et 130 membres du secteur UIT-R).

Il s'agit donc d'un processus qui engage tout le secteur UIT-R. Celui-ci est le lieu de luttes entre agents pour faire reconnaître leur point de vue comme le point de vue universel. Les agents en lutte sont les représentants des États membres qui gèrent le spectre et défendent le consensus national, c'est-à-dire la résultante des intérêts nationaux. Ce sont aussi les représentants des opérateurs qui utilisent une partie du spectre et souhaitent protéger cette utilisation ou avoir accès à plus de spectre. Ce sont enfin les représentants des industriels qui fabriquent et vendent les équipements qui sont ou pourraient être utilisés. En cas de succès, le profit est évident : l'harmonisation mondiale travaille pour vous. En cas d'échec, elle travaille contre vous : pour l'industriel ou l'opérateur concerné, ce sont des milliards d'euros d'investissement qui deviennent problématiques, ceux qui sont déjà faits ou ceux qui doivent l'être. Pour l'État, c'est la perspective de milliards d'euros à verser en dédommagement pour avoir fait le mauvais choix cinq ou dix ans plus tôt.

On comprend dès lors que ces luttes soient acharnées et commencent dès qu'il s'agit de décider de la prochaine question qu'on va se poser, c'est-à-dire des points qui seront mis à l'ordre du jour de la prochaine CMR. Pour ces derniers, l'impulsion vient généralement de la nécessité de modifier le Règlement pour prendre en compte dans une bande de fréquences donnée une nouvelle technologie ou un nouvel usage qui sans cela ne pourra tout simplement pas se développer. L'opposition vient de ceux qui ont déjà réalisé des investissements dans la bande de fréquences visée et risquent de voir ces investissements menacés⁽²⁾.

Une fois un point inscrit à l'ordre du jour de la prochaine CMR, l'examen de ce point va être précédé d'études de partage du spectre visant à définir les conditions de compatibilité entre le nouvel usage proposé et les usages autorisés dans la bande précédemment. Ces études, conduites par les Commissions d'étude de l'UIT-R, vont caractériser le nouvel usage du point de vue de sa capacité de nuisance (en termes de brouillage) aux utilisations existantes. Parvenir à un résultat positif nécessite donc d'emporter l'adhésion des acteurs qui pourraient être affectés dans leurs investissements passés ou futurs, donc de ceux qui sont le plus susceptibles de s'opposer. Cela peut paraître exorbitant, mais c'est au fond de cette manière que la science avance et fonde sa légitimité en offrant une possibilité maximale de réfutation et en cumulant les acquis.

En modifiant le RR tous les quatre ans, les CMR organisent donc l'usage du spectre au niveau mondial pour plusieurs décennies, en intégrant les nouvelles technologies et les nouveaux usages

(2) Un exemple très actuel de ce genre de lutte est la décision prise par la CMR-15 d'exclure la bande des 28 GHz du champ des études couvert par l'ordre du jour de la CMR-19 sur le spectre additionnel pour les télécommunications mobiles internationales (IMT), c'est-à-dire la 5G. Huit pays, dont les États-Unis, le Japon et la Corée, souhaitaient retenir cette bande mais, n'ayant pas réussi à convaincre les autres, ont dû se ranger au consensus final, non sans faire une déclaration exprimant leur préoccupation. Ces pays ont engagé des investissements conséquents dans cette bande pour y déployer la 5G, mais la perspective de voir le reste du monde les y rejoindre est de ce fait compromise ou, à tout le moins, renvoyée à une date ultérieure.

par un processus d'innovation sous contrainte, poussant devant elles les contraintes liées à la protection des investissements encore productifs.

En 112 années d'existence, par l'engagement universel des gouvernements, des régulateurs et de toutes les parties prenantes dans ses décisions, cette institution a permis le développement d'un écosystème représentant plus de 10 000 milliards d'euros d'investissements et a intégré depuis 20 ans les conditions de développement de technologies qui arrivent seulement à maturité aujourd'hui, comme les méga-constellations de satellites non géostationnaires ou les plateformes à haute altitude. Elle a aussi permis le développement du mobile large-bande en harmonisant les bandes de fréquences pour le développement de la 3G, la 4G et, dès l'an prochain, de la 5G.

Les normes internationales sur l'usage du spectre

Tableau 2 – Règles et normes UIT-R pour l'usage des fréquences par la 3G, 4G, 5G

	Décisions sur les règles	Décisions sur les normes	Déploiement commercial
Février 1992	CAMR-92 : attribution et identification des bandes à 1.9/2.1 GHz pour l'IMT ⁽³⁾	Assemblée des Radiocommunications AR-95 : Adoption de la norme concernant les arrangements de fréquences applicables à la mise en œuvre de IMT-2000 (Recommandation UIT-R M.1036-0 ⁽⁴⁾)	2002 (3G)
Novembre 1997	CMR-97 identification des bandes à 450 MHz, 850 MHz, 900 MHz et 1800 MHz pour l'IMT		2012 (LTE : 4G)
Juin 2000	CMR-2000 : attribution et identification de la bande à 2.6 GHz pour l'IMT	Assemblée des Radiocommunications AR-2000 : Adoption de la norme IMT-2000 (Recommandation UIT-R M.1457-0 ⁽⁵⁾)	2012 (LTE : 4G)
Novembre 2007	CMR-07 : attribution et identification pour l'IMT des bandes à 700 MHz (Région 2), 800 MHz (mondial) et 3.5 GHz (une centaine de pays dont ceux d'Europe)		2009 (700 MHz aux USA pour LTE : 4G) 2010 (800 MHz : 4G en Europe) 2020 (date cible pour la 5G à 700 MHz et 3.5 GHz en Europe)
Janvier 2012		Assemblée des Radiocommunications AR-12 : Adoption de la norme IMT-Advanced (Recommandation UIT-R M.2012-0 ⁽⁶⁾)	2012 (LTE Advanced : 4G)
Novembre 2015	CMR-15 : attribution et identification pour l'IMT des bandes à 700 MHz, 1.5 GHz et 3.5 GHz (mondiales) et à 600 MHz (8 pays dont USA, Canada, Mexique, Nouvelle-Zélande)		2020 (700 MHz, 3.5 GHz : 5G en Europe) 2020 (600 MHz 5G USA, Canada, Mexique)
Novembre 2019	CMR-19 : Attributions et identifications attendues dans les bandes de fréquence au-dessus de 24 GHz		2020
Septembre 2020		2020 - Commission d'études 5 de l'UIT-R : adoption attendue de la norme IMT-2020	2020

(3) À l'époque le FPLMST : *Future Public Land Mobile Telecommunication System*.

(4) <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1036-0-199403-S/fr>

(5) <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1457-0-200005-S/fr>

(6) <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2012-0-201201-S/fr>

Il s'agit des « Recommandations » de l'UIT-R, qui définissent la bonne manière d'utiliser le spectre pour chacun des 39 services de radiocommunication définis par le RR et de partager ce spectre entre et au sein de ces services afin d'éviter les brouillages préjudiciables. Un assez grand nombre de ces normes sont incorporées au RR et donc d'application obligatoire. Elles intègrent notamment des objectifs de performance et de conception, des critères de protection, des limites d'émission, des plans de fréquences, autant de paramètres qui visent à l'usage efficace et harmonisé du spectre, prenant en compte les technologies les plus avancées.

Les autres recommandations, de même que les Rapports et Manuels de l'UIT-R, qui définissent les meilleures pratiques dans l'usage et la gestion du spectre, sont reconnus et appliqués universellement comme instruments de base pour la législation, la réglementation, la tarification et l'autorisation d'usage des fréquences, ainsi que pour la gestion et le contrôle du spectre, la fabrication des équipements de radiocommunication, le déploiement et l'exploitation des réseaux de Terre et des réseaux à satellites.

Le développement de recommandations UIT-R pour les Télécommunications mobiles internationales (IMT) depuis 1992 donne un exemple de la façon dont l'activité de l'UIT-R (commissions d'études et CMR) a défini et encadré le développement de la 3G, de la 4G et aujourd'hui de la 5G (voir Tableau 2), après que l'absence d'un tel encadrement à la fin des années 1980 a conduit pour la 2G à l'émergence de deux normes concurrentes et incompatibles (GSM et CDMA) et à la fragmentation du marché mondial entre des normes et des fréquences différentes.

On constate que les attributions de fréquences précèdent généralement le déploiement commercial de cinq à douze ans pour la 3G et la 4G. Ce décalage est lié au temps nécessaire pour la libération des bandes concernées par les utilisateurs précédemment autorisés⁽⁷⁾, pour le processus d'autorisation de fréquences aux opérateurs mobiles et pour le déploiement du réseau mobile proprement dit. De plus, tout cela ne peut se produire à grande échelle qu'une fois l'harmonisation mondiale clairement établie. Tel était le cas pour les bandes attribuées par la CAMR-92. En général, le processus d'harmonisation mondiale des fréquences se construit sur plusieurs CMR, le temps que tous les pays surmontent les réticences nationales au changement⁽⁸⁾.

En parallèle avec l'harmonisation des attributions de fréquences par les CMR, il convient d'harmoniser les normes capables d'utiliser ces fréquences. Le processus mis en place à cet effet par l'UIT-R a été appliqué avec succès pour la 3G (IMT-2000) et la 4G (IMT-Advanced). Il est aujourd'hui en cours pour la 5G (IMT-2020) et associe l'ensemble des parties intéressées (gouvernements, régulateurs, organismes de normalisation, industriels et opérateurs) à travers les étapes suivantes :

- formulation et adoption de la définition de l'IMT-2020 : « Vision pour les IMT – cadre et objectifs généraux du développement futur des IMT à l'horizon 2020 et au-delà », 29 septembre 2015 – Recommandation ITU-R M.2083⁽⁹⁾ ;
- adoption du calendrier⁽¹⁰⁾ de développement (30 novembre 2015) et des spécifications générales notamment en terme de débit, capacité, temps de latence (13 octobre 2016) ;

(7) Dans le cas des bandes à 800 MHz en Europe, il s'agissait de la radiodiffusion et la libération au profit du service mobile avait comme préalable le passage à la TNT et l'arrêt complet de la radiodiffusion analogique. Pour les bandes à 600 MHz aux USA et 700 MHz en Europe, des réaménagements de fréquences sont généralement nécessaires pour faire migrer la radiodiffusion, ce qui prend environ 5 ans.

(8) Ainsi, la bande des 700 MHz est ouverte par la CMR-07 pour les Régions 2 et 3 (Amérique et Asie) mais seulement par la CMR-15 mondialement. De même, la bande des 3,5 GHz est identifiée IMT par la CMR-07 pour une centaine de pays, mais seulement par la CMR-15 mondialement.

(9) <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083/fr>

(10) <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx>

- adoption des critères d'évaluation pour la sélection des technologies candidates pour être inscrites dans la norme IMT-2020 (13 octobre 2016) – Rapport ITU-R M.2412⁽¹¹⁾ ;
- soumission des propositions de spécifications détaillées candidates (3 septembre 2019) et évaluation par des groupes indépendants de leur conformité aux spécifications générales – Rapport ITU-R M.2411⁽¹²⁾ ;
- adoption de la norme sur la base des spécifications retenues à l'issue de ces évaluations.

À l'issue de ce processus, la norme pour l'interface radio de l'IMT-2020 sera approuvée formellement par les 193 États-Membres de l'UIT en 2020, conférant à cette norme la légitimité requise pour sa mise en œuvre universelle dans tous les pays.

La gestion nationale des fréquences

C'est au niveau national que les normes et règles internationales sont mises en œuvre et appliquées. La gestion nationale du spectre est donc totalement immergée dans un contexte international qu'il s'agit à la fois de suivre et d'influencer. Elle est donc rythmée par la mise en œuvre des décisions de la dernière CMR et par la préparation de la suivante.

Le principal instrument juridique national dans la gestion du spectre est le tableau national d'attribution des bandes de fréquences. Il doit être conforme aux attributions de fréquences du RR applicables dans la région géographique correspondante. La réglementation internationale se trouve ainsi transposée dans la réglementation nationale, dont l'autorité administrative est la garante légitime (la police et la justice peuvent intervenir en cas de non-conformité).

Parce que les besoins en fréquences ne sont pas nécessairement les mêmes dans tous les pays, le RR laisse souvent le choix entre plusieurs attributions dans la même bande de fréquences, dès lors que l'utilisation d'attributions différentes dans des pays différents peut être rendue compatible par le truchement de limites ou de procédures de coordination spécifiées dans le RR. Les difficultés auxquelles sont confrontées les CMR résultent le plus souvent de choix historiques différents qui, par leur effet cumulatif, produisent à long terme des clivages entre pays ou régions qui s'opposent à tel ou tel choix d'harmonisation mondiale du fait que celui-ci conduirait à des réaménagements de fréquence trop coûteux. Ainsi, bien que l'harmonisation mondiale soit toujours un objectif partagé par tous les pays, chacun d'eux peut avoir des raisons de préférer une solution d'harmonisation différente.

Les normes internationales harmonisées par l'UIT-R, même si (au contraire des règles) elles ne sont pas d'application obligatoire et que le principe de « neutralité technologique » redouble cet aspect, sont *de facto* appliquées par tous les opérateurs de radiocommunication du fait des économies d'échelle et de l'interfonctionnement global qu'elles permettent, notamment pour les réseaux mobiles (voir les normes IMT de l'UIT pour la 3G, 4G et demain 5G).

Pour les équipements de radiocommunication utilisables par le grand public sans autorisation, tels que les dispositifs Wi-Fi, les conditions de partage entre services imposées par le RR peuvent conduire à inclure une règle dans la norme, ce qui nécessite un contrôle de la conformité de ces dispositifs. Dans l'Union européenne, ce contrôle se fait *a posteriori*, à travers une surveillance du marché par les régulateurs qui, après une vingtaine d'années, a montré ses limites. Ainsi, dans la bande des 5 GHz partagée entre radars météorologiques et dispositifs Wi-Fi, 50 % de ces derniers sont non conformes et les brouillages qui en résultent affectent les prévisions météorologiques.

(11) <https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2412-2017/fr>

(12) <https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2411-2017/fr>

La gestion régionale des fréquences

Le besoin d'harmoniser l'usage des fréquences entre pays voisins afin de bénéficier des économies d'échelle et de l'interfonctionnement des réseaux de radiocommunication a conduit, depuis quelques dizaines d'années, à la création d'organismes régionaux de gestion du spectre, qui ont aussi pour vocation de définir un point de vue régional commun dans les CMR et les commissions d'études de l'UIT-R : en Europe, la Conférence européenne des Postes et Télécommunications (CEPT) regroupe 48 pays européens depuis 1959. Par son Comité des Communications électroniques (ECC⁽¹³⁾), elle adopte des « Décisions » et des « Rapports » sur l'usage du spectre qui, tout en étant d'application volontaire, ont construit en près de soixante ans un spectre européen en grande partie harmonisé. On lui doit notamment la norme GSM. Elle adopte, par son Groupe de Préparation des Conférences (CPG⁽¹⁴⁾), les propositions communes européennes aux CMR.

Depuis 2002, l'Union européenne, à travers des mandats confiés à la CEPT et des décisions sur le spectre d'application obligatoire, a renforcé ce cadre et s'appuie sur les États membres à travers le Radio Spectrum Policy Group (RSPG⁽¹⁵⁾).

Conclusion

Le développement et l'adoption de règles et de normes internationales sur l'usage du spectre s'inscrivent dans un processus de construction de consensus sous l'égide de l'UIT et sous la conduite de ses États membres, en y associant étroitement les principales parties prenantes dans l'utilisation du spectre (opérateurs, industriels, organisations internationales).

Ce processus vise à construire un consensus régional et mondial sur la meilleure façon de gérer le spectre, en faisant évoluer conjointement les cadres nationaux et le cadre international de manière à les adapter à l'évolution rapide des technologies et des usages, sans pour autant mettre en danger les investissements réalisés précédemment.

Ce processus de production de règles et de normes d'application universelle, en place depuis 112 ans, a permis le développement de l'écosystème des radiocommunications tel que nous le connaissons aujourd'hui.

(13) <https://cept.org/ecc/>

(14) <https://cept.org/ecc/groups/ecc/cpg/client/introduction/>

(15) <http://rspg-spectrum.eu/about-rspg/>