

Turbo Codes et valorisation

La découverte des Turbo Codes au début des années 90, dans le cadre d'un contrat de recherche entre France Télécom et l'ENST-Bretagne, représente une avancée incontournable pour les systèmes de codage d'information. En effet, cette technologie est devenue une brique de base pour fiabiliser les transmissions numériques de données, grâce à son pouvoir de correction inégalé. La plupart des grands systèmes de transmission terrestres ou satellitaires l'ont d'ailleurs adopté.

Dans ce contexte et parallèlement à une politique d'intégration de cette technologie dans les normes, France Télécom valorise cette innovation en rupture, grâce à un véritable programme de licences lancé en 2001, baptisé TCLP (Turbo Codes Licensing Program) dont la plupart des leaders du marché des télécommunications sont signataires.

1 – Qu'est-ce que les Turbo Codes ?

Toute information, qu'il s'agisse de vidéo, de voix ou de données, peut subir des transformations lors d'une transmission à distance. Ceci peut être dû à des réflexions multiples sur des obstacles, ou à des atténuations dues au canal de transmission. Pour protéger les données numériques lors d'un transfert, il existe des technologies de codage correcteur d'erreur (FEC), ou codage de canal, qui ajoutent une information de redondance selon des règles qui sont connues du récepteur. Il permet donc d'extraire au mieux l'information d'origine, même si le signal est fortement altéré.

Principe des Turbo Codes

Les Turbo Codes sont une forme révolutionnaire de codage correcteur d'erreur. Ils ont été inventés dans les années 90 par deux chercheurs de l'ENST-Bretagne, Claude Berrou et Alain Glavieux, dans le cadre d'un contrat de recherche avec France Télécom. Ils consistent à améliorer le décodage par un procédé itératif qui permet d'affiner progressivement le résultat. Pour cela, l'information est codée de deux manières différentes, en parallèle, au niveau de l'émetteur. Le décodage est quant à lui effectué en série, suivant l'un puis l'autre des codes élémentaires.

Ce deuxième décodage constitue la grande originalité des Turbo Codes. Celui-ci permet en effet d'apporter des informations susceptibles d'améliorer le premier traitement des données. Celles-ci peuvent être ensuite exploitées pour relancer le processus. En itérant ce décodage, de plus en plus d'erreurs peuvent être corrigées. Cette particularité a d'ailleurs donné son nom à cette technologie : les informations échangées entre les décodeurs au cours des itérations améliorent les performances, comme une partie des gaz d'échappement favorise la combustion dans les moteurs turbo.

Le fonctionnement des Turbo Codes

Pour illustrer au mieux le fonctionnement des Turbo Codes, leurs inventeurs, Claude Berrou et Alain Glavieux, ont fait une analogie avec les mots-croisés. Il faut pour

cela imaginer que les mots de la grille correspondent aux données d'origine et que les définitions horizontales et verticales correspondent aux informations de redondance issues du codage. En effet, dans une grille de mots-croisés, les définitions constituent deux codages parallèles mais différents pour un seul et même résultat : l'ensemble des mots dans la grille.

Si les définitions ainsi que la grille sont transmises et que des erreurs apparaissent dans cette dernière, le décodage va alors permettre de retrouver la grille d'origine en appliquant successivement des décodages horizontaux et verticaux. Le procédé est ensuite reproduit, en utilisant les informations produites par le décodage précédent, autant de fois que nécessaire jusqu'au décodage complet de la grille.

Les Turbo Codes ont marqué une véritable rupture technologique dans le domaine des codes correcteurs d'erreurs. En effet, l'introduction d'un procédé itératif au niveau du décodage a permis d'obtenir des gains de performance considérables et d'approcher les limites théoriques de transmission sans erreurs, plus connues sous le nom de "limite de Shannon". Ceci a eu pour effet de dynamiser la recherche dans le domaine du codage correcteur d'erreur, aujourd'hui très actif et très compétitif, alors qu'il était en relative stagnation dans les années 90.

2 – Brevets et domaines d'applications

La R&D de France Télécom a cru dès le début dans le potentiel de cette technique, tout d'abord accueillie avec incrédulité par la communauté scientifique. Grâce à un partenariat privilégié avec l'ENST-Bretagne, les chercheurs de France Télécom ont ainsi investi des efforts importants pour développer une expertise dans le domaine, pour améliorer les premiers Turbo Codes, en les rendant toujours plus performants. France Télécom détient ainsi un portefeuille de brevets important dans ce domaine, dont des brevets incontournables. Ces brevets, copropriété France Télécom/TDF et GET couvrent les technologies qui font aujourd'hui partie intégrante de plusieurs normes et confèrent à France Télécom une avance dans le domaine des technologies de codage de canal. La R&D de France Télécom œuvre d'ailleurs toujours pour valoriser au mieux cette invention, en particulier dans les groupes de standardisation.

La normalisation

Dès 1999, dans le domaine des réseaux mobiles de troisième génération, l'UMTS en Europe, CDMA2000 aux Etats-Unis et en Asie, ont retenu les Turbo Codes pour les services de données à haut débit qui nécessitent une qualité de transmission garantie dont le débit est supérieur à 64 kbits/s.

En 2000, dans le domaine de la diffusion vidéo numérique (DVB), les Turbo Codes ont été choisis pour les voies de retour permettant les services interactifs, que ce soit par voie satellite (DVB-RCS : Return Channel Satellite) ou par voie hertzienne (DVB-RTC : Return Channel Terrestrial). De même, les systèmes de boucle locale radio à haut débit européen (ETSI Hiperaccess) et américain (IEEE 802.16.1) ont eux aussi retenu cette technologie en tant que codage optionnel permettant d'augmenter le débit de la transmission.

Placer ici l'animation flash sur les domaines d'applications des Turbo Codes

Les systèmes professionnels

Les Turbo Codes ont été adoptés par le CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems), le comité de normalisation pour les agences spatiales mondiales (ESA, NASA, NASDA, etc.). Cet organisme a ainsi développé un Turbo Code spécifique pour les applications spatiales.

INMARSAT utilise également les Turbo Codes pour ses services de télécommunications par satellite avec les mobiles.

Par ailleurs, les Turbo Codes pourraient être également utilisés dans les réseaux locaux sans fil (WLAN) et dans la nouvelle génération d'ADSL. Des études sont également en cours pour utiliser les Turbo Codes dans les transmissions sur fibres optiques ou pour la protection des données stockées sur disque dur ou CD-ROM, ou plus globalement dans des systèmes de stockage de l'information.

Le co-inventeur des Turbo Codes obtient le prix Marconi



En novembre prochain, Claude Berrou, directeur d'études au département Electronique de l'ENST-Bretagne et ancien collaborateur de France Télécom, recevra le Prix Marconi 2005. Il récompensera ses travaux lorsqu'il était chercheur au CNET, avec Alain Glavieux, décédé en septembre 2004, et ayant mené à la découverte des Turbo Codes. Cette invention, réalisée dans le cadre d'un contrat d'étude avec l'ENST-Bretagne, a abouti au dépôt de deux brevets de base, en co-propriété entre France

Télécom et TDF. Les recherches dans ce domaine se sont poursuivies et sept nouveaux brevets ont par la suite été déposés, apportant au groupe France Télécom un portefeuille de titres couvrant largement la technologie.

La fondation Marconi récompense tous les ans des chercheurs, des ingénieurs, des inventeurs ou des entrepreneurs pour leur contribution aux sciences de l'information et de la communication et leur détermination à faire de la recherche un élément de développement social, économique et culturel. En 2004, il avait été attribué aux concepteurs de Google, Sergey Brin et Laurence Page de l'Université de Stanford en Californie. Cette distinction sera donc pour la première fois remise à un Français.

Par le passé, Claude Berrou et Alain Glavieux ont reçu de nombreux prix nationaux et internationaux, dont la médaille Ampère (SEE, 1997), l'un des 17 Golden Award for technological innovation (IEEE, 1998), la médaille Haming (IEEE, 2003) et le Grand prix France Télécom (Académie des Sciences, 2003).

3 – Le Licensing des Turbo Codes

En partant du constat que les Turbo Codes représentaient une véritable invention de rupture et que cette technologie pouvait toucher un grand nombre de marchés, monter un véritable programme de licences est apparu comme une nécessité pour France Télécom. En effet, les brevets en eux-mêmes (l'idée, les revendications, les territoires, la durée de vie) ne constituent pas un produit commercialisable en l'état.

L'objectif est de vendre les bons droits, aux bons acteurs, dans une chaîne de valeur produit.

Compte-tenu de la diversité et de la complexité des demandes potentielles, une vraie politique de valorisation devait être déployée. Un programme, intitulé TCLP (Turbo Codes Licensing Program) a donc été mis en place dès octobre 2001, en accord commun avec le GET et TDF (co-détenteurs des brevets), pour approcher les sociétés qui s'appêtent à mettre en œuvre les brevets sur les Turbo Codes.



Entreprises sous licence avec France Télécom dans le cadre de son programme TCLP

Les prochaines étapes de ce projet

Depuis, près de 25 grandes sociétés de notoriété internationale, telles que Broadcom, Intellon (appartenant au consortium Homeplug Powerline Alliance, spécialisé dans le domaine du haut débit domestique sur le réseau électrique) ou dernièrement Freescale, ont signé ce programme de licence. L'objectif est, bien sûr, d'établir de nouveaux contrats de ce type avec de nouvelles entreprises, en particulier dans le domaine de la 3G. Mais la démarche de valorisation des Turbo Codes passe également par la normalisation. En effet, lorsque des brevets sont retenus dans des standards, comme c'est le cas des Turbo Codes pour la 3G, ceci facilite grandement leur valorisation. France Télécom se doit donc d'être présent dans tous les comités de normalisation afin que les brevets soient retenus pour des futurs marchés ou des marchés émergents (802.16, 802.11, VDSL, Stockage...). Par ailleurs, comme la durée de vie d'un brevet est de 20 ans, il faut pouvoir anticiper en

déposant de nouveaux brevets tout aussi forts que ceux des Turbo Codes actuels pour développer l'activité de valorisation à venir.

Freescale signe le programme de licence sur les Turbo-Codes

En avril 2005, Freescale, l'un des leaders sur le marché des fournisseurs de solutions de semi-conducteurs a signé avec France Télécom le TCLP (Turbo Codes Licensing Program). Freescale pourra désormais utiliser cette technologie destinée aux équipements mobiles de troisième génération (3G).

4 – Elaboration du programme de licences

Pour monter le programme de licences sur les Turbo Codes, la première étape a été de faire l'inventaire des marchés actuels et futurs, depuis la 3G, jusqu'au satellite, en passant par le homeplug.

Par ailleurs, dans le domaine de la Propriété Intellectuelle, il faut respecter deux règles primordiales :

- la première est la règle dite "d'épuisement des droits", qui stipule que France Télécom, par exemple, ne peut réclamer des royalties qu'à un seul acteur dans la chaîne produit,
- la deuxième est de protéger les acteurs qui se situent en aval et en amont de la chaîne contre une contrefaçon qualifiée d'indirecte.

Pour expliquer ce fonctionnement aux prospects et proposer une offre simple et claire, la seconde étape a donc été de décortiquer la chaîne des acteurs dans chacun de ces domaines, allant du fabricant d'ASIC, jusqu'au fournisseur de service. Cette étape est primordiale pour définir la cible du programme de licences, c'est-à-dire la catégorie de société au près de laquelle France Télécom demande des royalties. Ceci permet de proposer différentes conditions financières, marché par marché, et de créer toutes les conditions favorisant la signature. D'autres éléments sont également nécessaires, en particulier des documents de Propriété Intellectuelle, les "claims charts". Tout ceci, nécessite un travail d'équipe, auquel participe le marketing, les services spécialisés dans la Propriété Intellectuelle, des juristes, des experts techniques et un négociateur de la R&D de France Télécom.

L'activité de Licensing chez France Télécom

Le Licensing consiste principalement à négocier ou à faire valoir ses droits sur des actifs de Propriété Intellectuelle. Ces actifs peuvent être des brevets, des logiciels, du savoir-faire ou des marques. Au sein de la Direction Propriété Intellectuelle et Valorisation de France Télécom, l'activité de Licensing se décompose en deux volets :

- "Licensing-out", qui consiste à faire valoir ses droits et à négocier auprès des sociétés qui utilisent déjà des brevets France Télécom – ce que l'on appelle des contrefacteurs –, ou auprès de celles qui s'appêtent à mettre en œuvre ces brevets dans les produits futurs qu'elles fabriqueront.

- "Licensing-in", qui consiste à acquérir des droits auprès de sociétés tierces afin de mieux protéger le "core business" de France Télécom et/ou compléter son portefeuille de brevets.

La commercialisation du programme de licence

Après la phase d'élaboration du programme, vient la phase de commercialisation proprement dite. A ce stade, il faut déterminer quel est le meilleur canal de distribution. En effet, il existe plusieurs possibilités :

- choisir un agent généraliste de licence, société spécialisée dans la commercialisation de licences pour le compte de tiers ;
- intégrer un "patent-pool", nom donné à un consortium regroupant un certain nombre de détenteurs de brevets reconnus "essentiels" à une norme ou un standard ;
- piloter directement le programme de licences, en s'appuyant sur un apporteur d'affaires, c'est-à-dire qui réalise des opérations très en amont sur la prospection, la veille, l'étude des différentes sociétés qui peuvent être concernées par les brevets à licencier.

C'est la troisième solution qu'a choisie France Télécom pour le programme Turbo Codes, en retenant la Société Spectra Licensing. A travers la mise en œuvre d'un processus spécifique, l'équipe de négociation France Télécom intervient dans toutes les phases contractuelles et financières. Les résultats ne se sont pas fait attendre puisque dès l'année 2003, un contrat de licence a été signé entre France Télécom et Qualcomm, leader mondial des technologies CDMA, pour l'exploitation des Turbo Codes.

5 - Un modèle de valorisation pour France Télécom

Le programme Turbo Codes a répondu à ses différents objectifs et a servi de catalyseur dans l'activité de Licensing de la Propriété Intellectuelle de France Télécom. Grâce à ce programme, le Groupe a en effet pu démontrer son savoir-faire dans la valorisation de brevets de qualité, en particulier lorsque ceux-ci étaient déposés dans des standards. Le processus de Licensing est désormais mis en œuvre pour développer de nouveaux programmes de licences.

La Propriété Intellectuelle et la valorisation représentent un enjeu stratégique pour France Télécom. Le Groupe met donc en œuvre les actions, permettant de faire valoir ses droits et occuper une position d'acteur majeur sur le plan international.

Bibliographie

Codes correcteurs, principes et exemples en mathématiques et téléinformatique, de Josèphe Badrikian, éditions Ellipses.

Quelques liens

<http://www.enst-bretagne.fr>

Le site de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne.

<http://www.3gpp.org>

Le site du 3GPP (3rd Generation Partnership Project).

<http://www.telecom.gouv.fr/rnrt/>

Le site du RNRT (Réseau National de Recherche en Télécommunications).

http://www.telecom.gouv.fr/rnrt/rnrt/projets/res_d47_ap99.htm

"Spécification, conception, fabrication et diffusion d'un turbo codeur/décodeur universel", sur le site du Réseau National de Recherche en Télécommunications.

<http://www.francetelecom.com/fr/groupe/rd/rdgroupe/protection/>

Protection et valorisation de la Propriété Intellectuelle chez France Télécom.

<http://www.francetelecom.com/fr/groupe/rd/offre/brevets/programmes/>

Présentation du programme de licences de France Télécom, avec notamment l'exemple des Turbo-Codes.

http://www.francetelecom.com/fr/groupe/rd/rdgroupe/protection/dev_licensing.html

"Développer le licensing pour accroître le chiffre d'affaires", présentation du licensing chez France Télécom.

http://www.francetelecom.com/fr/groupe/rd/une/enbref/CP_old/att00028934/HomePlugAV.pdf

Communiqué de presse du 8 février 2005 portant sur la signature du HomePlug Powerline Alliance dans le cadre du programme de licences sur les Turbo-Codes.

<http://www.see.asso.fr/>

Le site de la Société de l'Electricité, de l'Electronique et des Technologies de l'Information et de la Communication.

<http://www.francetelecom.com/fr/groupe/rd/offre/brevets/programmes/att00029448/Qualcomm.pdf>

Communiqué de presse datant du 25 novembre 2003 et traitant de la signature de Qualcomm dans le cadre du programme de licences sur les Turbo-Codes.

Glossaire

FEC : Forward Error Correction. Code Correcteur d'erreur. Lors de la transmission ou le stockage d'une information codée, des imperfections et du bruit peuvent

apparaître. Les codes correcteurs d'erreurs permettent de corriger ces défauts sur le signal.

Limite de Shannon : Limite théorique décrite par Claude Shannon dans son livre "A Mathematical Theory of Communication" en 1948, qui marqua l'histoire de l'informatique et des télécommunications. Il a notamment démontré que pour une largeur de bande passante, une puissance du signal en réception et un niveau de "bruit" donnés, il est possible de transmettre au plus une certaine quantité d'information par seconde.

UMTS : *Universal Mobile Telecommunications Service*. Norme pour les réseaux mobiles de troisième génération.

DVB : *Digital Video Broadcasting*. Norme européenne de diffusion audio/vidéo vers des équipements fixes ou mobiles.

IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers. Cette organisation internationale de la recherche récompense chaque année une équipe de chercheurs pour leur contribution exceptionnelle à l'avancée des sciences et technologies de l'information et de la communication.

WLAN : *Wireless local area network*. Réseau local sans fil utilisant les ondes radio pour assurer la circulation d'informations entre les machines (ordinateurs ou périphériques) ainsi reliées entre elles.

SEE : Société de l'Electricité, de l'Electronique et des Technologies de l'Information et de la Communication. Chaque année, cette société remet plusieurs prix et médailles de grand renom à des chercheurs et ingénieurs.

Homeplug : Technologie innovante issue de l'alliance HomePlug, dont l'objectif est de développer des normes pour les communications résidentielles par courants porteurs.

ASIC : *Application Specific Integrated Circuit*. Circuit intégré spécialisé, développé sur mesure pour un industriel.

Claims charts : Comparaison des revendications du brevet par rapport à des spécifications d'un produit ou des spécifications de la norme. L'objectif est de réaliser un document qui fasse coïncider les revendications du brevet et les spécifications du produit.