

Septembre 2012

Modèle réglementaire du coût de l'accès dégroupé et du coût de la collecte

Synthèse de la consultation publique menée
du 11 mai au 8 juin 2012

Avertissement sur la synthèse et le modèle

L'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ci-après « l'Autorité ») a mis en consultation publique le présent document intitulé : « *Modèle réglementaire du coût de l'accès dégroupé et du coût de la collecte* » qui décrit les principes mis en œuvre dans le modèle du coût de l'accès dégroupé et du coût de la collecte utilisé par l'Autorité dans ses évaluations.

L'avis des acteurs du secteur a été sollicité sur l'ensemble du présent document et les commentaires ont été transmis à l'Autorité du 11 mai au 8 juin 2012.

Cinq opérateurs ont répondu à la présente consultation publique, à savoir :

- Axione
- Bouygues Télécom
- British Telecom France
- France Télécom
- SFR

L'ensemble de ces réponses, hors éléments soumis au secret des affaires, est mis en ligne, en annexe à la présente synthèse. Les informations indiquées comme confidentielles sont couvertes par le secret des affaires.

Le modèle présenté ici est un modèle réglementaire de coût de l'accès dégroupé et de la collecte. Il a vocation à éclairer les choix de régulation, et notamment le respect par France Télécom de ses obligations tarifaires.

Un modèle réglementaire diffère sensiblement des modèles qui peuvent être utilisés pour élaborer un plan d'affaires :

- les notions de revenu ou de marge commerciale sont absentes d'un tel modèle, seuls les coûts sont modélisés ;

- les méthodes de comptabilisation des coûts et d'amortissement retenues ne sont pas celles que retiendrait un analyste financier pour une analyse de rentabilité.

L'Autorité souhaite donc attirer l'attention des acteurs économiques sur le fait que le présent modèle ne peut permettre, directement ou indirectement, d'évaluer la rentabilité d'un plan d'affaires pluriannuel fondé sur le dégroupage.

Le présent modèle ne saurait préjuger de son utilisation par l'Autorité.

Le modèle peut être utilisé de différentes façons : en prenant en compte différents paramètres de coûts, les seuls versements à France Télécom ou les investissements propres des opérateurs, à la maille d'un NRA ou en moyenne sur un ensemble de NRA.

Enfin, le modèle est présenté avec un certain nombre de paramètres de référence pour un opérateur efficace.

Ces paramètres sont représentatifs de la situation d'un opérateur efficace telle que appréciée par l'ARCEP. Dans la réalité, les valeurs constatées peuvent différer d'un opérateur à l'autre.

Ces paramètres ont vocation à évoluer dans le temps. Les utilisateurs du modèle sont invités à faire part de ces évolutions pour que l'Autorité adapte en conséquence, le cas échéant, les valeurs retenues dans le modèle.

Les résultats du modèle – en particulier à des fins qui diffèrent de son objectif premier - ne sauraient engager l'ARCEP dans leur exploitation.

Toute utilisation commerciale du modèle et des résultats obtenus est interdite.

Sommaire

1	Synthèse des réponses à la consultation publique	4
2	Contexte	5
2.1	Objectifs de la modélisation.....	5
2.2	Cadre réglementaire	5
2.3	Travaux précédents.....	6
2.3.1	<i>Modèle réglementaire de l'accès dégroupé.....</i>	6
2.3.2	<i>Modèle réglementaire de la collecte</i>	6
2.4	Présentation du modèle	6
2.4.1	<i>Présentation des différents modules</i>	7
2.4.2	<i>Paramètres communs aux différents modules</i>	7
3	Module de l'accès dégroupé	8
3.1	Principes de modélisation.....	8
3.1.1	<i>Objectif</i>	8
3.1.2	<i>Périmètre retenu</i>	8
3.2	Fonctionnement	8
3.2.1	<i>Type de colocalisation</i>	8
3.2.2	<i>Prestations connexes de l'offre de référence dégroupage</i>	9
3.2.3	<i>Hypothèses</i>	9
3.3	Restitutions	9
4	Module de la collecte.....	10
4.1	Principes de modélisation.....	10
4.1.1	<i>Modélisation des coûts passifs de la collecte.....</i>	10
4.1.2	<i>Modélisation des équipements actifs site par site.....</i>	10
4.2	Outil topologique de tracé des réseaux de collecte.....	10
4.2.1	<i>Référence topologique pour les tracés des réseaux de collecte.....</i>	11
4.2.2	<i>Principe de modélisation du tracé d'un réseau de collecte optimisé</i>	11
4.3	Fonctionnement	12
4.3.1	<i>Topologie du réseau</i>	12
4.3.2	<i>Paramètres et coûts des équipements actifs.....</i>	14
4.4	Restitutions	14
5	Usages des outils réglementaires	15
5.1	Principe de détermination de l'ordre de dégroupage des NRA	15
5.2	Évaluation de coûts d'acheminement des données	15

1 Synthèse des réponses à la consultation publique

L'ensemble des acteurs ayant répondu à la consultation menée se félicite de l'évolution du modèle de l'accès dégroupé qui représente une nette amélioration par rapport à la version antérieure, et ce sur plusieurs points.

Les acteurs valident en premier lieu la démarche menée consistant à créer un modèle mixte permettant de mieux modéliser la situation d'un opérateur mixte, opérant à la fois sur le marché résidentiel et professionnel.

L'ensemble des opérateurs se félicite des développements menés sur le module de l'accès dégroupé. L'intégration d'une logique temporelle au niveau du module de l'accès dégroupé permettant aux utilisateurs du modèle de modéliser plus finement les coûts du dégroupage au niveau d'un NRA choisi est également validée par les opérateurs. Des études de sensibilité ont ainsi pu être menées par les différents acteurs.

Cependant, l'ensemble des opérateurs regrette que ce module n'intègre pas de manière plus exhaustive les différents coûts inhérents à leur activité tels que les coûts commerciaux, de gestion de réseau, d'équipement d'accès au service (« box ») ou encore de service après-vente. Si l'Autorité reconnaît qu'ils peuvent être importants, ils ne sont toutefois pas l'objet de la présente modélisation, qui n'a pas vocation à être un plan d'affaires et ne se veut pas en cela exhaustive.

Par ailleurs, l'intégration d'un module de collecte, malgré les réserves exprimées sur certains choix de modélisation, semble remporter l'adhésion des opérateurs également. Consciente que le module de la collecte active est limité par les choix de modélisation, l'Autorité rappelle toutefois que ce modèle a vocation à demeurer un modèle du dégroupage fixe, basé sur le cuivre quant à l'accès. Ses résultats sont de ce fait limités à ce périmètre.

Bien que les opérateurs se félicitent de la création d'un module de collecte, ceux-ci ont exprimé plusieurs demandes de précisions quant aux choix effectués par l'ARCEP.

Si l'ensemble des opérateurs s'accorde pour dire que l'outil topologique développé par l'ARCEP pour le module de la collecte constitue également une amélioration, le fait que cet outil ne soit pas mis à disposition des opérateurs les limite dans leur réponse. Plusieurs observations ont par ailleurs été formulées, dont la question de la disponibilité de l'offre LFO de France Télécom. Cet élément a donc été intégré à cet outil afin de modéliser de manière plus précise les réseaux de collecte des opérateurs. L'Autorité s'engage par ailleurs à contacter l'ensemble des opérateurs afin de partager plus finement ces résultats.

Enfin, les opérateurs ont partagé avec l'Autorité certains éléments de coûts et paramètres généraux, que l'Autorité a pris compte afin d'affiner et de fiabiliser le modèle mis en consultation publique. Ainsi, le modèle remis en ligne à cette occasion intègre des modifications et légères évolutions.

2 Contexte

Cette présentation générale vise à décrire les objectifs du modèle soumis à consultation publique et à rappeler le contexte réglementaire dans lequel celui-ci s'inscrit.

2.1 Objectifs de la modélisation

La connaissance des coûts d'un réseau est un enjeu important pour l'Autorité. Parmi les objectifs généraux, l'exercice de modélisation permet d'obtenir des informations en lien avec la mise en œuvre de la régulation, le suivi des déploiements et la prospective.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la régulation, l'exercice de modélisation permet de calculer les coûts dans une approche modélisée pour les comparer aux restitutions comptables ou de calculer le coût pour un opérateur tiers efficace de la fourniture d'un accès fondé sur le dégroupage, en vue par exemple du contrôle du respect d'une obligation de non-éviction.

Concernant le suivi des déploiements, l'exercice de modélisation permet de mesurer le coût d'investissement pour les opérateurs alternatifs lié à l'extension du dégroupage. Il est utile également pour apprécier le coût de l'extension des réseaux de collecte en fibre optique.

Enfin, l'exercice de modélisation permet de réaliser des exercices de prospective. Il permet d'appréhender les structures de coût des réseaux de nouvelle génération et d'apprécier la variabilité des coûts en fonction du trafic sur le réseau, trafic qui évoluera dans le futur en fonction des nouveaux usages permis par le très haut débit.

2.2 Cadre réglementaire

Lors du précédent cycle d'analyse du marché n°5 de s offres de gros d'accès haut débit et très haut débit activées livrées au niveau infranational (ci-après offres bitstream) en vigueur entre 2008 et 2011, l'Autorité avait mis en place, pour les offres de gros de bitstream de France Télécom, un dispositif tarifaire visant à favoriser le développement de la couverture en dégroupage des opérateurs tiers. L'ensemble des offres de bitstream de France Télécom étaient alors soumises à une obligation d'orientation vers les coûts, sous réserve du respect d'une obligation de non-éviction par rapport au dégroupage de la boucle locale cuivre : le tarif des offres de bitstream de France Télécom devait être suffisamment élevé pour qu'un opérateur efficace proposant ses propres offres de bitstream en se fondant sur l'offre de gros de dégroupage soit à même de disposer d'un espace économique par rapport aux offres de bitstream de France Télécom dans le NRA marginal moyen qu'il s'appropriait à dégroupier.

Avec l'adoption en juin 2011 de la nouvelle décision d'analyse du marché n°5¹, l'ARCEP a été amenée à faire évoluer le dispositif tarifaire prévalant sur les offres de bitstream de France Télécom, en distinguant les offres de bitstream à destination du marché résidentiel et les offres de bitstream à destination du marché des entreprises.

Pour les offres de bitstream à destination du marché résidentiel, deux zones géographiques ont été définies, en fonction de l'intensité concurrentielle :

- une zone où au moins un opérateur alternatif propose des offres de bitstream sur le marché de gros concurrentes à celles de France Télécom, au niveau de laquelle il n'y a plus d'obligation tarifaire imposée à France Télécom *ex ante* ; cette zone regroupe aujourd'hui environ 4 500 NRA (Nœuds de Raccordement d'Abonnés) pour 80 % des lignes de cuivre ;
- une zone où France Télécom demeure en monopole pour la fourniture d'une offre de bitstream, au niveau de laquelle les offres de bitstream de France Télécom sont soumises à une obligation d'orientation vers les coûts.

Pour les offres de bitstream à destination du marché des entreprises, l'Autorité a estimé raisonnable et proportionné de soumettre France Télécom à une obligation d'orientation vers les coûts, sous réserve de respect d'une obligation de non-éviction par rapport au dégroupage de la boucle locale de cuivre.

¹ Décision n°2011-0669 portant sur l'analyse du marché de gros des offres haut débit activées livrées au niveau infranational en date du 14 juin 2011

Conformément au nouveau cadre en vigueur, le respect de ce principe de non éviction s'apprécie désormais « *au regard des coûts moyens supportés par un opérateur tiers efficace et mixte, c'est-à-dire actif aussi bien sur les marchés résidentiels que sur les marchés professionnels, pour proposer, sur la base du dégroupage, des offres alternatives à celles de France Télécom au niveau d'une zone géographique pertinente* ».

2.3 Travaux précédents

Le modèle de coût de l'accès dégroupé et de la collecte, objet de cette consultation publique, a vocation à remplacer deux modèles précédemment en vigueur :

- le modèle réglementaire de l'accès dégroupé
- le modèle réglementaire de la collecte

Ce nouveau modèle s'inspire par ailleurs des travaux menés en 2011 dans le cadre du modèle réglementaire de terminaison d'appel fixe (publié en avril 2011), plus particulièrement pour la structure et le dimensionnement des réseaux de collecte activés. Ce modèle simule un opérateur générique efficace, disposant d'un réseau fondé sur la technologie NGN (tout-IP).

2.3.1 Modèle réglementaire de l'accès dégroupé

Le modèle réglementaire du coût de l'accès dégroupé, mis pour la première fois en consultation publique en 2004, avait pour objectif de fournir une évaluation du coût d'un accès haut débit, sur un NRA donné, pour un opérateur tiers se fondant sur l'offre de gros de dégroupage de France Télécom.

Mis à jour en 2005, 2007 et 2008, ce modèle réglementaire n'incluait pas les coûts liés à la collecte. Il se limitait ainsi à l'évaluation du coût moyen de la prestation d'accès en sortie de l'équipement actif installé au NRA. Les surcoûts engagés par les opérateurs visant une clientèle professionnelle n'étaient pas non plus modélisés directement.

2.3.2 Modèle réglementaire de la collecte

Dans le cadre de l'élaboration de son modèle réglementaire de coût de collecte, l'Autorité a été amenée à développer, en 2007, un outil topologique permettant de modéliser le tracé d'un réseau de collecte entre un ensemble de nœuds donnés.

Le modèle développé permettait principalement de relier entre eux les nœuds fournis par l'utilisateur au moyen d'un graphe ne contenant pas de boucle. L'outil se fondait sur un algorithme d'arbre couvrant minimal, et visait ainsi à minimiser le poids (ici la longueur) totale du graphe qui permettait de relier l'ensemble des nœuds, c'est à dire la somme des longueurs des arêtes nécessaires.

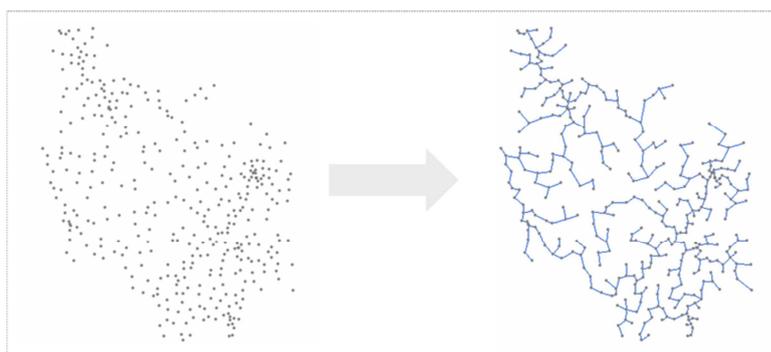


Figure 1 - illustration du tracé de réseau obtenu avec l'outil topologique

Sur la base du tracé de réseau de collecte obtenu par cet outil, il était alors possible d'évaluer les coûts de collecte correspondant pour un opérateur tiers.

2.4 Présentation du modèle

Le modèle réglementaire du coût de l'accès dégroupé et du coût de la collecte est un modèle « bottom-up » construit en plusieurs modules, fondés sur un ensemble commun de paramètres et d'hypothèses.

Le modèle se présente sous la forme d'un tableur Microsoft Excel

2.4.1 Présentation des différents modules

Deux modules complémentaires constituent le modèle réglementaire.

Le module de l'accès dégroupé permet d'évaluer les coûts pour un opérateur tiers de la venue en dégroupage au niveau d'un NRA donné, selon le type de colocalisation retenu et la date d'arrivée en dégroupage, et donc le coût moyen d'un accès dégroupé. Il s'agit d'une approche temporelle au niveau d'un NRA donné.

Le module de la collecte permet d'évaluer le coût pour un opérateur tiers de la collecte du trafic des NRA qu'il a dégroupés, au niveau régional ou national, avec, d'une part, le coût de la partie passive du réseau de collecte – les liaisons en fibre optique pour relier les NRA – et, d'autre part, le coût de la partie active du réseau de collecte – les équipements de brassage et de routage nécessaires pour l'acheminement du trafic.

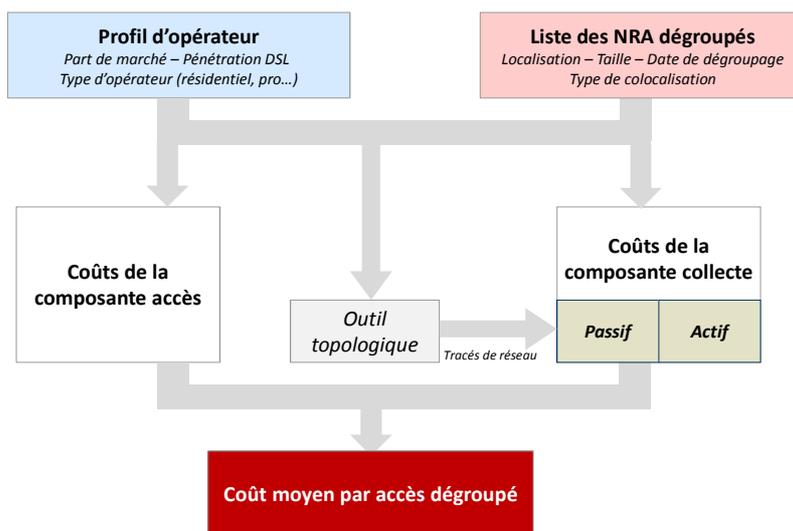


Figure 2 - structure du modèle

2.4.2 Paramètres communs aux différents modules

Le modèle prend en entrée plusieurs paramètres communs aux différents modules, correspondant aux hypothèses de marché (pénétration du haut débit), au profil de l'opérateur tiers retenu et au périmètre de l'ensemble des NRA dégroupés par ce dernier.

Il est possible de choisir entre différents profils pour l'opérateur tiers retenu, caractérisés par des compositions de paniers clientèle différents et des choix d'options de garantie de temps de rétablissement différents : soit un profil purement résidentiel, soit un profil purement « entreprises », soit un profil mixte.

L'utilisateur du modèle doit préciser le périmètre des NRA retenus pour la modélisation, c'est-à-dire la liste des NRA dégroupés par l'opérateur tiers modélisé, avec notamment pour chacun le type de colocalisation et la date d'arrivée en dégroupage. La liste des NRA présente en référence pour le modèle est celle publiée par France Télécom au 31 décembre 2011. L'Autorité a affecté à chaque NRA deux niveaux de collecte (cf. supra), les nœuds d'agrégation ou nœuds « edge » (NA) et les nœuds de concentration régionale (NCR) ou nœuds « core ». Il a également été développé un niveau de réseau national cœur, ou « backbone » (NC).

Le coût du capital retenu dans les différents modules du modèle correspond au taux de rémunération du capital employé pour la comptabilisation des coûts et le contrôle tarifaire des opérateurs mobiles. Pour l'année 2012, il est de 9,90%, conformément à la décision n°2011-1467 de l'ARCEP en date du 22 décembre 2011.

La formule d'annualisation retenue est une formule d'amortissement économique prenant en compte le progrès technique.

3 Module de l'accès dégroupé

Cette deuxième partie présente le module de l'accès dégroupé du modèle réglementaire.

3.1 Principes de modélisation

3.1.1 Objectif

L'objectif de ce module est de déterminer le coût pour un opérateur tiers de la venue en dégroupage au niveau d'un NRA donné, en distinguant l'investissement (CAPEX) et les coûts récurrents annuels (OPEX).

Il se fonde sur les prestations de l'offre de référence d'accès à la boucle locale de cuivre de France Télécom.

En fonction de la date d'arrivée en dégroupage et de la taille du NRA donné, i.e. le nombre de lignes de cuivre, le module évalue le nombre d'accès dégroupés pour l'opérateur modélisé à la date du dégroupage, avec une part de marché de 10%, pour ensuite atteindre une part de marché cible de 25% en cinq ans, ce qui permet de dimensionner les différents éléments nécessaires pour la colocalisation (câbles de renvoi, emplacements, liens intra-bâtiment, énergie) des équipements actifs (DSLAM) de l'opérateur tiers.

Le module intègre plusieurs hypothèses de dimensionnement et de coûts unitaires (coûts des équipements actifs, coût d'une armoire en cas de localisation distante, etc.).

Le module permet d'évaluer les CAPEX et les OPEX trimestre par trimestre, et ainsi de calculer le coût moyen d'un accès dégroupé, résidentiel ou « entreprises », pour le NRA donné.

3.1.2 Périmètre retenu

Le périmètre du module est limité à l'accès proprement dit, pour un opérateur tiers adressant une clientèle résidentielle et/ou « entreprises ». Il est précisé que les coûts liés à la carte réseau de collecte sont comptabilisés non pas dans le module accès, mais dans le module de la collecte au niveau du NRA (onglet « collecte-NRA »).

Le module porte donc sur les coûts correspondant à la partie de l'accès entre les abonnés et la sortie du DSLAM, c'est à dire :

- les coûts liés à la mise à disposition des paires de cuivre ;
- les coûts liés à la cohabitation des équipements de l'opérateur dans le NRA de France Télécom (prestations connexes de l'offre de dégroupage) ;
- les coûts liés aux équipements propres de l'opérateur (DSLAM) ;
- les coûts propres (coûts communs et coûts liés à l'emplacement en cas de localisation distante).

Les coûts obtenus à l'issue de la modélisation dépendent essentiellement du NRA considéré (nombre de lignes), de la date d'arrivée en dégroupage et du type de cohabitation retenu.

Le coût moyen par ligne prend en compte l'ensemble des éléments nécessaires à l'exploitation d'un accès dégroupé, et notamment les redevances d'exploitation et de maintenance, les coûts propres d'exploitation, les coûts d'ingénierie et une contribution aux coûts communs. Il s'agit donc d'un coût complet, hors équipements actifs de collecte, comptabilisés par ailleurs.

3.2 Fonctionnement

3.2.1 Type de colocalisation

L'ensemble des types de colocalisation proposés par France Télécom dans son offre de référence de dégroupage est disponible dans le module de l'accès dégroupé.

Si le type d'emplacement n'est pas précisé spécifiquement par l'utilisateur, le module déterminera le type de colocalisation le plus efficace en fonction de la taille du NRA (nombre de lignes de cuivre) et de la date retenue pour le dégroupage.

3.2.2 Prestations connexes de l'offre de référence dégroupage

Le modèle intègre l'ensemble des offres de référence d'accès à la boucle locale de cuivre de France Télécom publiées depuis 2002. Pour chaque trimestre, le modèle évalue ainsi les CAPEX et OPEX correspondants au niveau de dégroupage de l'opérateur tiers modélisé, en fonction de l'offre de référence en vigueur au trimestre considéré. La dernière mise à jour de l'offre de référence, en date du 4 juillet 2012, a été intégrée au modèle.

3.2.3 Hypothèses

Le module se fonde sur plusieurs hypothèses : coûts unitaires des équipements propres de l'opérateur (DSLAM, localisation distante), dimensionnement des équipements et des prestations dont l'opérateur a besoin.

3.3 Restitutions

En sortie du module de l'accès, l'utilisateur dispose des CAPEX et OPEX évalués trimestre par trimestre pour le NRA donné, ainsi que du coût moyen par accès dégroupé.

4 Module de la collecte

Cette troisième partie présente le module de la collecte du modèle réglementaire. Ce module utilise un outil topologique programmé en langage Java.

4.1 Principes de modélisation

Le module de la collecte permet d'évaluer le coût pour un opérateur tiers de la collecte du trafic de ses NRA dégroupés, au niveau régional ou national, avec, d'une part, le coût de la partie passive du réseau de collecte – les liaisons en fibre optique pour relier les NRA – et, d'autre part, le coût de la partie active du réseau de collecte – les équipements de brassage et de routage nécessaires pour l'acheminement du trafic.

4.1.1 Modélisation des coûts passifs de la collecte

Le module de la collecte permet de modéliser les coûts de l'établissement du réseau de collecte en fibre optique nécessaire pour raccorder l'ensemble des NRA dégroupés renseignés en entrée de modèle par l'utilisateur.

Le module se fonde, au choix de l'utilisateur, sur l'offre de liaison en fibre optique (LFO) de France Télécom ou sur une reconstruction en propre du réseau de collecte en fibre optique, dont le coût dépend du paramètre retenu. L'offre LFO est une offre de gros proposée par France Télécom aux opérateurs tiers leur permettant d'étendre leur couverture en dégroupage. Cette offre consiste en la mise à disposition par France Télécom d'une fibre optique entre deux NRA. Cette offre est tarifée au mètre linéaire, avec un tarif récurrent progressif en fonction de la taille du NRA raccordé.

4.1.2 Modélisation des équipements actifs site par site

4.1.2.1 Utilisation des travaux menés pour la fixation des plafonds tarifaires de terminaison d'appel vocale fixe

En 2010 et en 2011, l'Autorité a mené des travaux de modélisation d'un réseau de collecte fixe NGN d'un opérateur fixe afin de déterminer les plafonds tarifaires de terminaison d'appel vocale fixe, en conformité avec la méthodologie recommandée par la réglementation européenne.

Dans la mesure où le périmètre de ce modèle couvre une partie des besoins d'un modèle réglementaire de la collecte, l'Autorité a choisi de réutiliser chaque fois que c'est possible les principes et les hypothèses de dimensionnement et de coûts unitaires qui y sont développés dans ce modèle qui a été soumis à plusieurs consultations publiques.

4.1.2.2 Principes retenus

Il est intéressant de pouvoir modéliser les coûts de la partie active de la collecte pour un opérateur tiers selon le niveau de sa couverture en dégroupage.

L'Autorité a ainsi retenu de détailler le calcul des coûts des équipements actifs site par site afin de pouvoir sélectionner les NRA selon différents critères et ainsi pouvoir différencier les coûts géographiquement.

Cette approche a également l'avantage de permettre un calcul des coûts plus précis par rapport à une méthode fondée sur un coût moyen par site. En effet, si cette dernière méthode est satisfaisante dans le cadre du calcul du coût incrémental de la terminaison d'appel vocale fixe du fait de l'impact limité des équipements actifs non spécifiques à la voix, elle ne l'est pas dans le cadre de calculs de coûts liés au haut débit.

4.2 Outil topologique de tracé des réseaux de collecte

Afin de déterminer les longueurs des tracés des réseaux de collecte sur la base d'informations géographiques fines, l'Autorité a développé un nouvel outil topologique, plus précis et spécifique que l'outil topologique précédent.

L'outil topologique n'est pas publié par l'Autorité lors de la présente consultation publique. Aussi l'Autorité présente ci-dessous une description détaillée du fonctionnement de l'outil topologique permettant à chacun d'en connaître les tenants et aboutissants.

4.2.1 Référence topologique pour les tracés des réseaux de collecte

Dans la mesure où les tracés des réseaux de collecte suivent majoritairement les tracés des routes, l'Autorité a souhaité développer un nouvel outil topologique s'appuyant sur le réseau routier.

Lors des travaux précédents, les longueurs évaluées étaient calculées en utilisant les distances à vol d'oiseau puis en multipliant cette distance par un facteur permettant d'estimer la longueur effective de chaque liaison. Même si cette méthode permettait d'avoir de bons résultats au niveau national, elle pouvait introduire des biais au niveau local du fait des différences topologiques du réseau routier. En effet, dans une région montagneuse, deux points peu éloignés à vol d'oiseau pouvaient être bien plus éloignés par la route.

L'Autorité, en tant qu'organisme chargé d'une mission de service public, a désormais accès au Référentiel géographique à Grande Echelle (RGE) de l'Institut Géographique National (IGN). Le RGE contient, dans sa base de données topologiques, les fichiers géographiques décrivant le réseau routier en France métropolitaine et dans les départements ultramarins.

Certains types de routes ne sont pas pertinents pour la modélisation des tracés des réseaux de collecte. Ainsi, les autoroutes sont peu empruntées par les réseaux de collecte visant à raccorder les NRA du fait du peu de possibilités d'interconnexion avec le reste du réseau routier. Egalement, les chemins de terre et les sentiers ne sont pas pertinents pour modéliser les tracés des réseaux de collecte.

4.2.2 Principe de modélisation du tracé d'un réseau de collecte optimisé

La théorie des graphes fournit un cadre utile pour la modélisation des tracés des réseaux de collecte. La mise en œuvre du modèle passe par deux étapes successives : la conversion des fichiers géographiques décrivant le réseau routier en structure de graphe, puis l'évaluation d'un réseau optimisé entre les NRA.

4.2.2.1 Conversion sous forme de graphe du réseau routier

Dans le cadre de l'accès au RGE, l'IGN fournit les fichiers géographiques décrivant le réseau routier au format Shapefile. Ces fichiers sont composés de tronçons routiers qui relient généralement deux carrefours. Ces fichiers ne sont pas exploitables directement pour réaliser des analyses topologiques car ils ne sont pas formatés sous forme de graphes.

Un graphe est une structure de données constituée de nœuds et d'arêtes qui permettent chacune de relier deux nœuds entre eux. Un graphe peut décrire un réseau routier en modélisant les intersections par des nœuds et les arêtes par des tronçons de routes reliant deux intersections. Dans ce cas, la longueur du tronçon peut être associée à l'arête représentant le tronçon routier

L'Autorité a développé un algorithme permettant de détecter les intersections du réseau décrit par les fichiers géographiques de l'IGN, puis de créer chaque arête avec, à ses extrémités, les nœuds correspondant. L'algorithme enregistre les longueurs de tronçons routiers à chaque arête.

L'algorithme permet une tolérance dans l'identification des nœuds. En effet, lorsque deux extrémités de deux tronçons routiers sont distantes de un ou deux mètres seulement d'après le fichier géographique, il est très probable que ces deux tronçons soient reliés dans la réalité. Ainsi, une distance de tolérance de trois mètres est indiquée en entrée du modèle pour permettre ce type d'ajustement.

4.2.2.2 Évaluation d'un tracé de réseau de collecte optimisé sans contrainte

La théorie des graphes fournit plusieurs algorithmes permettant de déterminer un arbre couvrant minimal, c'est-à-dire l'ensemble des arêtes qui permettent de relier la totalité des nœuds d'un graphe avec une longueur minimale. Ce type d'algorithme a été mobilisé dans le cadre de l'outil topologique de modélisation du réseau de collecte précédent.

Cependant, si un graphe routier est utilisé, le problème ne consiste pas à relier entre eux la totalité des nœuds du réseau routier, mais à relier seulement la fraction des nœuds du réseau routier qui correspond à la localisation des NRA. Le problème consistant à identifier un arbre minimum couvrant une fraction des nœuds d'un graphe est connu sous le nom d'arbre de Steiner.

Selon la théorie de la complexité, le problème de l'arbre de Steiner est qualifié de NP-complet. Cela signifie que le problème est difficile à résoudre et que le temps de calcul nécessaire évolue de manière exponentielle avec le nombre d'éléments dans les données d'entrée.

Cependant, la littérature scientifique propose des algorithmes permettant d'approximer la solution au problème de l'arbre de Steiner tout en ayant un temps de calcul réduit.

L'Autorité a donc choisi d'implémenter l'algorithme décrit par Kou, Markowsky et Berman² qui permet de construire un arbre de Steiner approximé de manière rapide. Cet algorithme se déroule en deux étapes :

- créer un nouveau graphe comprenant uniquement les nœuds de réseau à relier et dont la longueur des arêtes correspond à la longueur du plus court chemin entre chaque paire de nœuds ;
- réaliser un arbre couvrant minimal sur ce nouveau graphe.

4.2.2.3 *Évaluation d'un réseau de collecte optimisé sous contrainte*

L'offre d'informations préalables liée à LFO permet de connaître les liens en fibre optique de France Télécom en fournissant les couples de NRA que relie chaque lien. Dès lors, il est possible de simuler un arbre minimum selon l'algorithme décrit ci-dessus non pas en prenant les arêtes correspondant à tous les liens possibles, mais en prenant seulement les arêtes correspondant aux liens LFO.

Ainsi, il est possible de réaliser une analyse d'arbre couvrant minimal sur ce graphe formé par les liens LFO pour obtenir une modélisation d'un réseau optimal utilisant l'offre LFO.

L'outil permet également de modéliser le réseau complémentaire à celui des liaisons en fibre optique de France Télécom afin de mesurer les longueurs de réseau à déployer pour collecter en fibre optique les NRA qui ne le sont pas actuellement.

4.3 **Fonctionnement**

Le module de la collecte permet de calculer les coûts des composantes passive et active du réseau de collecte, en se fondant notamment sur les longueurs des tracés issus de l'outil topologique.

4.3.1 *Topologie du réseau*

La topologie du réseau modélisé s'inspire de celle utilisée dans le modèle technico-économique du coût de la terminaison d'appel fixe.

Le modèle du coût de la terminaison d'appel fixe utilise une topologie de réseau basée sur quatre niveaux hiérarchiques : les NRA, les nœuds d'agrégation, les nœuds de concentration régionale et les nœuds de cœur de réseau. Le schéma ci-dessous illustre cette topologie de réseau.

² Lawrence T. Kou, George Markowsky, and Leonard Berman. A fast algorithm for Steiner trees. Acta Inf., 15 :141–145, 1981. - <http://www.umcs.maine.edu/~markov/SteinerTrees.pdf>

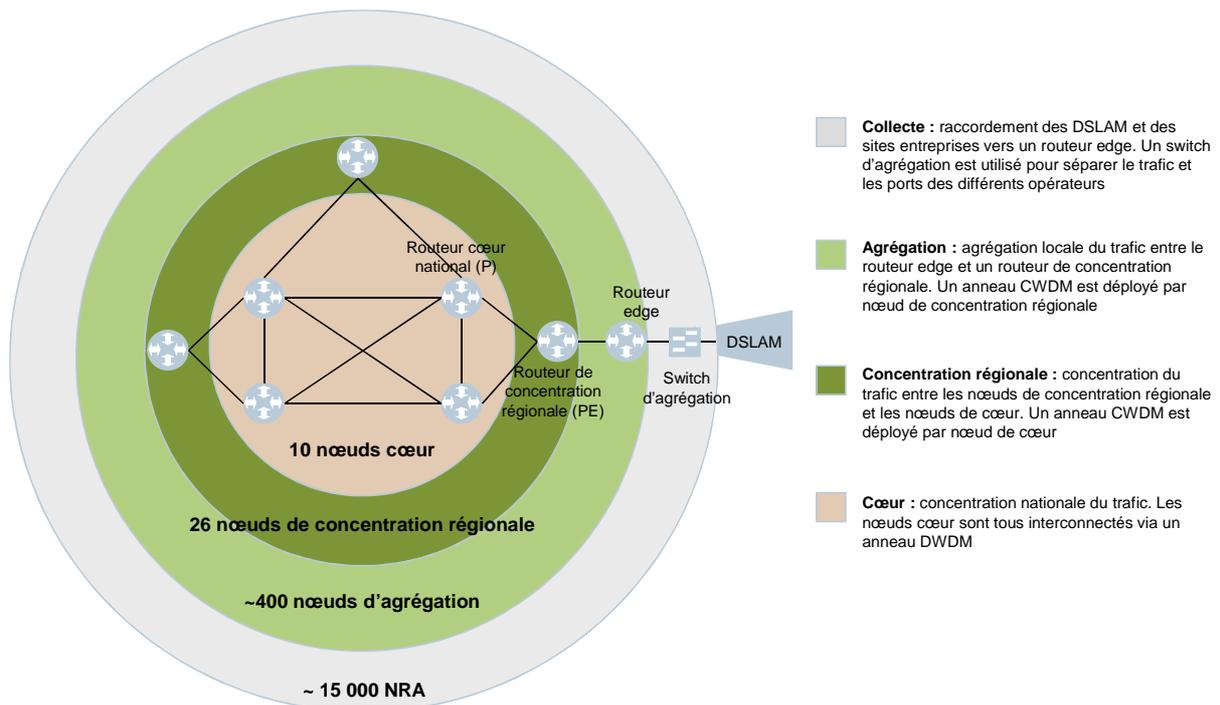


Figure 3 - illustration de la topologie de réseau retenue dans le modèle de la terminaison d'appel fixe

Il est nécessaire de déterminer les dépendances hiérarchiques entre chaque niveau, c'est-à-dire le groupe de NRA qui dépend d'un nœud d'agrégation, le groupe de nœuds d'agrégation qui dépend d'un nœud de concentration régionale et ainsi de suite.

L'hypothèse retenue par l'Autorité dans le cadre de la modélisation est de collecter au niveau d'un nœud d'agrégation tous les NRA situés dans un arrondissement, au sens administratif (i.e. la subdivision d'un département). Le nœud d'agrégation est ainsi situé dans le NRA du chef-lieu d'arrondissement qui comporte le plus grand nombre de lignes. Le nœud de concentration régionale regroupe les nœuds d'agrégations situés dans la région, au sens administratif. Il est placé dans le NRA du chef-lieu de région qui comporte le plus grand nombre de lignes. Chaque nœud de concentration régionale est relié à deux nœuds de cœur de réseau.

Le module de collecte permet de modéliser le coût d'un réseau de collecte fondé soit sur la technologie Ethernet, soit sur la technologie ATM, soit sur un mix de ces deux technologies.

Les options de modélisation retenues sont les mêmes que celles du modèle de coût de la terminaison d'appel vocale fixe :

- pour le segment NRA – nœud d'agrégation, la liaison est réalisée avec une fibre noire et des liens 1GE ou 10GE en fonction du trafic, avec la technologie CWDM passif
- pour le segment nœud d'agrégation – nœud de concentration régionale, la liaison est réalisée avec la technologie CWDM et des liens 1GE ou 10GE en fonction du trafic.

Le module comprend une analyse spécifique à la couche de cœur de réseau. Cette analyse permet notamment de calculer l'ensemble des coûts d'acheminement des données sur un réseau à partir, par exemple, d'un point d'interconnexion national. Les options suivantes de modélisation ont été retenues :

- technologie DWDM ;
- architecture (topologie et chainage des nœuds) reflétant celle d'un opérateur dégroupé national ;
- liens 10GE uniquement (à ce stade, les liens 40GE et 100GE n'ont pas été considérés économiquement avantageux) ;
- le coût immobilier des nœuds est alloué intégralement, par défaut, au réseau de collecte.

Dans le cadre de la modélisation des coûts d'un opérateur tiers pour une collecte au niveau régional, le module fournit un résultat fondé sur un réseau de collecte qui s'étend des NRA aux nœuds de

concentration régionale. Dans le cadre de la modélisation d'une collecte nationale, la totalité du réseau est prise en compte.

Dans le cadre de la modélisation d'un réseau de collecte du trafic DSL fondé sur la technologie ATM, des brasseurs ATM seront placés aux niveaux des nœuds de réseau et les liens de transmission seront assurés par des multiplexeurs SDH.

La topologie du réseau n'inclut pas les équipements et plates-formes de cœur de réseau nécessaires à la fourniture de services tels que la téléphonie sur IP, la télévision sur IP et d'autres services managés. En effet, l'Autorité n'a pas jugé utile de modéliser ces éléments pour réaliser ses objectifs réglementaires.

4.3.2 Paramètres et coûts des équipements actifs

Le module de la collecte prend en entrée deux types de paramètres : les paramètres de marché et les paramètres liés au dimensionnement du trafic généré par chaque catégorie de service.

Le module de la collecte se fonde par ailleurs sur le profil d'opérateur retenu et sur le périmètre de l'ensemble des NRA dégroupés, décrits précédemment.

Les paramètres liés au dimensionnement du trafic permettent de modéliser la charge du réseau en moyenne à l'heure la plus chargée. Ces paramètres sont les mêmes que ceux utilisés dans le modèle final de coût de la terminaison d'appel vocale fixe en ce qui concerne le trafic transporté sur un réseau Ethernet. Des ajustements sont réalisés pour le réseau ATM afin de tenir compte des différents niveaux d'encapsulation du trafic IP dans les trames ATM et SDH.

Les coûts unitaires des équipements actifs ainsi que leurs paramètres d'annualisation sont également les mêmes que ceux utilisés dans le modèle final de coût de la terminaison d'appel vocale fixe. Les coûts unitaires des brasseurs ATM et des multiplexeurs SDH sont proposés sur la base de travaux précédents de l'Autorité.

Les acteurs pourront se référer au fichier Excel associé afin de consulter les paramètres d'entrée et les coûts unitaires.

4.4 Restitutions

La restitution du module est un coût mensualisé pour chaque segment de la collecte. Ce coût peut être exprimé en euros par mois et par accès ou également en euros par mois et par Mbit/s de trafic à l'heure chargée.

La restitution permet de détailler les coûts entre la couche passive et la couche active ainsi que de séparer les segments de réseau afin de réaliser des analyses sur les coûts de production d'une offre de bitstream livrée au niveau régional.

5 Usages des outils réglementaires

5.1 Principe de détermination de l'ordre de dégroupage des NRA

Lors de précédents exercices, l'ordre des NRA proposé dans le cadre des modélisations réglementaires était celui de l'historique du dégroupage, complété par l'ordre d'installation d'équipements DSL par France Télécom dans ses NRA. Cet ordre présentait une logique de déploiement mais pouvait avoir deux biais : premièrement, cet ordre reflétait une logique historique qui n'était pas tout à fait celle d'un opérateur tiers efficace, compte tenu notamment du nombre important de NRA dégroupés dans le cadre de réseaux d'initiative publique ; deuxièmement, France Télécom n'a pas suivi une logique de dégroupage pour l'équipement en DSL de ses NRA, en privilégiant généralement une approche globale par agglomération.

Pour un opérateur tiers efficace, le choix de dégroupier un nouveau NRA consiste principalement en un arbitrage entre la marge brute dégagée par le dégroupage de ce NRA et le coût de déploiement du réseau pour aller le raccorder. Si le choix est aisé entre un gros NRA proche du réseau de l'opérateur et un petit NRA distant, ce n'est plus aussi simple entre un gros NRA distant et un petit NRA proche.

L'Autorité a ainsi développé un algorithme spécifique permettant de modéliser l'ordre de dégroupage d'un opérateur tiers efficace en sélectionnant de manière itérative le nouvel NRA à dégroupier qui permet de maximiser les revenus de l'opérateur, compte-tenu du nombre de lignes au NRA et de la longueur de lien LFO pour le raccorder. Ainsi le modèle ajoute à chaque itération le NRA non dégroupé le plus intéressant à la liste des NRA déjà dégroupés jusqu'à atteindre le niveau de dégroupage requis.

En fonction notamment du profil d'opérateur considéré, d'autres méthodes peuvent également être utilisées pour déterminer, pour un profil d'opérateur donné, un ordre de dégroupage.

Dans le cas d'un opérateur entreprise ou mixte (entreprise et résidentiel), la logique d'optimisation du dégroupage peut être sensiblement différente. On peut ainsi imaginer qu'un opérateur mixte dont le dégroupage est initialement résidentiel, installe dans les NRA qu'il a dégroupés les équipements nécessaires à la fourniture d'offres professionnelles en considération du potentiel commercial ou de la taille de chaque NRA et non selon une logique d'efficacité de la collecte qu'il a par ailleurs déjà déployée pour ses besoins résidentiels.

La zone de couverture des offres professionnelles d'un opérateur alternatif mixte pourra donc être significativement différente de la zone de dégroupage déterminée par la construction d'un réseau de collecte économiquement efficace.

5.2 Évaluation de coûts d'acheminement des données

Le modèle peut permettre à l'Autorité de mieux appréhender les coûts encourus (actuels et prospectifs) par un opérateur pour l'acheminement de trafic sur son réseau de transport et de collecte. Dans un contexte de croissance forte et continue du trafic de données, les coûts induits sur les réseaux sont l'un des paramètres du débat plus large sur le financement des réseaux qui oppose parfois des opérateurs et des fournisseurs de contenus et d'applications.

En particulier, le modèle peut évaluer les coûts totaux correspondants au déploiement et à l'exploitation d'un réseau national, jusqu'à l'abonné, ainsi que leur ventilation selon diverses dimensions : fixe / variable, accès / collecte / cœur, zones dégroupées / zones non dégroupées, etc. Le modèle permet en outre de quantifier la relation entre volumes de trafic et coûts (complets ou incrémentaux). Le modèle permet par exemple d'évaluer, pour un opérateur dégroupier, les surcoûts qu'il aurait à supporter si la consommation moyenne par abonné venait à doubler rapidement.

En l'éclairant sur des coûts sous-jacents, ces éléments seront notamment utiles à l'Autorité pour approfondir sa compréhension des marchés de l'interconnexion et de l'acheminement de données. Cependant, comme indiqué dans la décision n°2012-03 66 en date du 29 mars 2012, « *la situation actuellement observée sur les marchés de l'interconnexion et l'acheminement de données ne semble pas nécessiter, à ce stade, la mise en place d'une régulation ex ante* »³.

³ http://www.arcep.fr/uploads/tx_gsavis/12-0366.pdf

*** **
*** **