



autorité de régulation  
des communications électroniques,  
des postes et de la distribution de la presse

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

# CONSULTATION PUBLIQUE

Du 10 avril 2020 au 7 mai 2020

**Mise à jour de la modélisation ascendante d'un réseau  
de boucle locale optique mutualisée pour la tarification  
du dégroupage**

10 avril 2020

## Modalités pratiques de consultation publique

La présente consultation publique est ouverte jusqu'au 7 mai 2020 à 18h00<sup>1</sup>. L'avis des acteurs du secteur est sollicité sur l'ensemble des documents mis en consultation et en particulier en réponse aux 26 questions posées par l'Autorité.

Les réponses doivent être transmises à l'Arcep de préférence par courrier électronique à l'adresse suivante : [pairedecuivre\[@\]arcep.fr](mailto:pairedecuivre[@]arcep.fr). Elles peuvent également être transmises par courrier à l'adresse suivante :

Monsieur le directeur économie, marchés et numérique  
Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse  
14 rue Gerty Archimède  
75012 Paris

L'Arcep, dans un souci de transparence, publiera l'intégralité des réponses qui lui auront été transmises, à l'exclusion des parties couvertes par le secret des affaires. Dès lors que leur réponse contiendrait de tels éléments, les contributeurs sont invités à transmettre leur réponse en deux versions:

- une version confidentielle, dans laquelle les passages couverts par le secret des affaires sont identifiés entre crochets et surlignés en gris : «une part de marché de [25]» ;
- une version publiable, dans laquelle les passages couverts par le secret des affaires auront été remplacés par «...» : «une part de marché de «...»».

Les contributeurs sont invités à limiter autant que possible les passages couverts par le secret des affaires. L'Autorité pourra déclasser d'office des éléments d'information qui par leur nature ne relèvent pas du secret des affaires.

---

<sup>1</sup> Dans le contexte de la crise sanitaire actuelle, les acteurs qui rencontreraient des difficultés pour transmettre une réponse à cette date sont invités à se rapprocher des services de l'Arcep via l'adresse courriel indiquée.

## Table des matières

1	Objectifs et éléments mis en consultation publique.....	6
1.1	Objectif du modèle.....	6
1.2	Historique du modèle.....	7
1.3	Objet de la consultation publique.....	7
2	Les grands principes de la modélisation élaborée par l’Autorité.....	9
2.1	Le type de réseau et d’opérateur modélisé.....	9
2.2	Le périmètre du réseau modélisé.....	9
2.3	Équilibre entre simplicité du modèle et robustesse des résultats.....	10
2.4	Licence.....	10
3	Le fonctionnement du modèle.....	11
3.1	Fonctionnement général du modèle.....	11
3.1.1	Les principaux enjeux du module topologique.....	11
3.1.2	Les principaux enjeux du module de déploiement.....	12
3.1.3	Les principaux enjeux du module de coûts.....	14
3.2	Introduction à la description détaillée.....	14
3.2.1	Schéma global de fonctionnement.....	14
3.2.2	L’utilisation du modèle en pratique.....	15
3.2.3	Organisation technique du code Java™.....	16
3.3	Module topologique : la détermination du tracé.....	16
3.3.1	Description générale.....	16
3.3.2	Fonctionnement technique global.....	18
3.3.3	La préparation des données d’entrée.....	18
3.3.4	Le prétraitement des données.....	19
3.3.5	Regroupement des NRA en NRO.....	21
3.3.6	Tracé du réseau : associer demande localisée et réseaux physiques.....	25
3.4	Module de déploiement : calcul des unités d’œuvre.....	30
3.4.1	Description générale.....	30
3.4.2	Fonctionnement technique global.....	32
3.4.3	Choix de la demande cible.....	32
3.4.4	Placement des PM.....	33
3.4.5	Calcul des unités d’œuvre.....	34

3.5	Module de coûts.....	39
3.5.1	Les coûts unitaires des équipements .....	40
3.5.2	Paramètres économiques et financiers.....	41
3.5.3	Les coûts d'exploitation.....	41
4	Précisions sur certaines données d'entrée utilisées dans la présente version du modèle.....	42
4.1	Fichiers des lignes principales, des sous-répartiteurs et des nœuds de raccordement d'abonnés .....	42
4.2	Fichier des liens de collecte du réseau d'Orange.....	43
4.3	Fichier des routes .....	43
4.4	Demande cible par zone.....	44
4.5	Fichier « immeubles » .....	45
5	Résultats du modèle mis en consultation publique .....	46
5.1	Exemples de tracé de réseau.....	46
5.2	Les grandeurs physiques .....	47
6	Modalités d'utilisation pour la tarification du dégroupage .....	47
6.1	Prise en compte de la fiscalité.....	48
6.2	Périmètre retenu .....	48
6.2.1	L'empreinte géographique des coûts à prendre en compte.....	48
6.2.2	La prise en compte des coûts du raccordement final .....	49
6.3	Modalités de calcul de l'annuité .....	51
6.3.1	La méthode d'annualisation des investissements.....	51
6.3.2	Le taux de rémunération du capital .....	51
6.3.3	L'annuité à retenir .....	51
1	Annexe 1 : conditions de réutilisation des fichiers sources élaborés par l'Arcep – Licence ouverte	53
1.1	Définitions .....	53
1.2	Réutilisation des Fichiers Sources .....	53
1.3	Réserves à la réutilisation des Fichiers Sources .....	53
1.4	Responsabilité .....	53
1.5	Droits de propriété intellectuelle .....	54
1.6	Évolution de la licence.....	54
1.7	Droit applicable .....	54
2	Annexe 2 : tableaux de correspondance mis à jour .....	54

2.1	Tableau de correspondance pour le module A : prétraitement .....	55
2.2	Tableau de correspondance pour le module B : regroupement .....	56
2.3	Tableau de correspondance pour le module C : réseaux physiques.....	57
2.4	Tableau de correspondance pour le module D : déploiement .....	58

# 1 Objectifs et éléments mis en consultation publique

## 1.1 Objectif du modèle

Les modalités tarifaires de l'accès à la boucle locale cuivre d'Orange, notamment par le dégroupage total, sont un enjeu important de régulation des réseaux fixes en France. Une méthode de valorisation et de tarification a été ainsi fixée par l'Autorité dès 2005<sup>2</sup>, sur la base de la comptabilité réglementaire d'Orange mettant en œuvre la méthode des coûts courants économiques.

En 2017, dans le cadre de sa décision d'analyse du marché 3a<sup>3</sup>, la montée en puissance de la transition technologique du cuivre vers la fibre optique a conduit l'Autorité à souhaiter s'appuyer sur des références complémentaires aux coûts unitaires tels que calculés annuellement dans le modèle réglementaire des coûts d'Orange, de façon à intégrer comme signal de long terme la future infrastructure de référence. La Commission européenne avait par ailleurs indiqué, dans sa recommandation n° 2013/466/UE dite « *non-discrimination et méthodes de coûts* »<sup>4</sup>, que « *pour fixer les tarifs de gros d'accès par le cuivre [...] les ARN devraient adopter une méthode de calcul des coûts BU LRIC+ (modèle ascendant des coûts différentiels à long terme plus) qui associe une approche de modélisation ascendante utilisant le modèle LRIC comme modèle de coûts à une majoration pour la récupération des coûts communs* » (§30).

À ce titre, au vu du choix conjoint des opérateurs et de la puissance publique de s'orienter, sur le territoire français, vers le déploiement massif de boucles locales optiques jusqu'à l'abonné, l'Autorité a développé une modélisation ascendante d'un réseau de boucle locale optique mutualisée. Elle a consulté les acteurs du secteur sur les choix retenus pour cette modélisation et son utilisation pour la tarification du dégroupage du 7 avril au 19 mai 2017<sup>5</sup>.

Cette modélisation, en raison de sa nature ascendante de reconstruction d'un réseau à neuf, permet d'obtenir une référence de coûts stable, aux effets près du progrès technique et de l'inflation, qui apporte donc des garanties fortes de prévisibilité et de robustesse à la transition technologique. En décembre 2017, l'Autorité avait estimé que cette modélisation avait vocation à être encore affinée et ne pouvait constituer l'unique référence pertinente pour la fixation des tarifs du dégroupage total pour la période 2018-2020. Elle avait alors adopté la décision 2017-1570<sup>6</sup> fixant le niveau de ces tarifs, laquelle tient compte, d'une part, des coûts unitaires tels que calculés dans le modèle réglementaire des coûts d'Orange et, d'autre part, du signal de long terme que constitue le coût unitaire de la future infrastructure de référence.

---

<sup>2</sup> Décision n° 05-0834 de l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes en date du 15 décembre 2005 définissant la méthode de valorisation des actifs de la boucle locale cuivre ainsi que la méthode de comptabilisation des coûts applicable au dégroupage total, [https://www.arcep.fr/uploads/tx\\_gsavis/05-0834.pdf](https://www.arcep.fr/uploads/tx_gsavis/05-0834.pdf)

<sup>3</sup> Décision n° 2017-1347 du 14 décembre 2017 portant sur la définition du marché pertinent de fourniture en gros d'accès local en position déterminée, sur la désignation d'un opérateur exerçant une influence significative sur ce marché et sur les obligations imposées à cet opérateur sur ce marché

<sup>4</sup> Recommandation n°2013/466/UE du 11 septembre 2013 sur des obligations de non-discrimination et des méthodes de calcul des coûts cohérentes pour promouvoir la concurrence et encourager l'investissement dans le haut débit

<sup>5</sup> <https://www.arcep.fr/actualites/les-consultations-publiques/p/gp/detail/consultation-publique-une-modelisation-ascendante-dun-reseau-de-boucle-locale-optique-mutualisee.html>

<sup>6</sup> Décision 2017-1570 du 21 décembre 2017 fixant un encadrement tarifaire de l'accès à la boucle locale cuivre pour les années 2018 à 2020 : [https://www.arcep.fr/uploads/tx\\_gsavis/17-1570.pdf](https://www.arcep.fr/uploads/tx_gsavis/17-1570.pdf)

Dans sa consultation publique menée du 6 février au 17 mars 2020 sur « l'analyse du marché 3a de fourniture en gros d'accès local en position déterminée »<sup>7</sup>, l'Autorité a indiqué que, quant à l'encadrement tarifaire du dégroupage, elle considérait l'alternative suivante :

- poursuivre l'utilisation conjointe du modèle réglementaire des coûts d'Orange et de la modélisation ascendante de la boucle locale optique mutualisée ;
- ou bien, adopter une référence de coûts entièrement fondée sur la modélisation ascendante de la boucle locale optique mutualisée.

L'Autorité a ajouté avoir entrepris des travaux de mise à jour de sa modélisation ascendante de la boucle locale optique mutualisée et qu'elle consulterait de nouveau les acteurs du secteur cette modélisation et son paramétrage au début de l'année 2020.

## 1.2 Historique du modèle

Le code du modèle a, à ce jour, été publié à trois reprises par l'Autorité :

- dans une première version lors de la consultation publique sur « une modélisation ascendante d'un réseau de boucle locale optique mutualisée et son utilisation pour la tarification du dégroupage », du 7 avril au 19 mai 2017 (mentionnée *supra*). Dans la suite, cette version sera dénommée « 1.0 » et il sera fait référence au le texte de cette consultation publique en tant que « documentation de la version 1.0 » ;
- dans une première version modifiée lors de la consultation publique sur le projet de décision fixant un encadrement tarifaire de l'accès à la boucle locale cuivre pour les années 2018 à 2020, du 5 octobre au 21 novembre 2017<sup>8</sup>. Cette version a en particulier pris en compte les réponses des acteurs à la consultation publique sur la version « 1.0 ». Dans la suite, cette version sera dénommée « version 1.1 » et le document « Liste des changements apportés à la modélisation ascendante d'un réseau de boucle locale optique mutualisée pour la tarification du dégroupage », accompagnant cette publication, « liste des changements de la version 1.1 » ;
- enfin dans une seconde version modifiée, sur laquelle porte la présente consultation publique, ci-après « version 1.2 ».

À l'instar de la version 1.1, la version 1.2, présentée ici, reprend les grands principes de la version 1.0 et possède un fonctionnement globalement similaire. Dans un souci de clarté, le présent document reprend essentiellement le plan de la documentation de la version 1.0 afin de signaler les modifications qui ont été apportées depuis cette première version, y compris celles qui l'avaient été entre les versions 1.0 et 1.1.

## 1.3 Objet de la consultation publique

En préalable à la fixation de l'encadrement tarifaire 2021 – 2023 du dégroupage, l'Autorité souhaite obtenir le retour des acteurs du secteur sur le modèle qu'elle a développé et, en particulier, sur les

---

<sup>7</sup> [https://www.arcep.fr/uploads/tx\\_gspublication/adm-fixe-3a-20200206.pdf](https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/adm-fixe-3a-20200206.pdf)

<sup>8</sup> <https://www.arcep.fr/actualites/les-consultations-publiques/p/gp/detail/projet-de-decision-fixant-un-encadrement-tarifaire-de-lacces-a-la-boucle-locale-cuivre-pour-les-ann.html>

modifications qu'elle a apportées par rapport à la version « 1.0 », utilisée pour l'encadrement tarifaire du dégroupage sur la période 2018 – 2020 et publié en 2017<sup>9</sup>.

La présente consultation porte ainsi sur les points suivants :

- le modèle en lui-même : le présent document décrit, de manière détaillée, les modifications apportées au fonctionnement du modèle et renvoie à la documentation de la version 1.0 en ce qui concerne les éléments inchangés de son fonctionnement ;
- les paramètres d'entrée du modèle, qui se composent notamment des paramètres d'architecture et de dimensionnement du réseau modélisé (ils sont rappelés dans un second fichier Excel), des coûts unitaires des éléments de réseau, de leurs durées de vie et taux de progrès technique ainsi que des paramètres de dimensionnement des coûts d'exploitation (ils sont présentés dans les onglets « Paramètres » et « Coûts unitaires » du module de coûts)<sup>10</sup>.

Concernant ces paramètres, l'Autorité a consulté, entre novembre et décembre 2019, les principaux opérateurs qui déploient des réseaux FttH, leur demandant si leurs valeurs leur semblaient convenir et, dans le cas contraire, de fournir des valeurs actualisées. Les réponses ont conduit à certaines modifications des paramètres qui seront présentées dans le présent document.

Ainsi, le présent document s'accompagne :

- du modèle à proprement parler, constitué des fichiers de code source Java™ et d'un fichier Excel « module de coûts »<sup>11</sup> ;
- d'un formulaire Excel de réponse aux questions sur les paramètres de coûts ;
- d'un fichier Excel décrivant les paramètres d'entrée du modèle ;
- d'une notice d'aide à l'utilisation du code source Java ;
- de schémas de fonctionnement ;
- d'outils pour faciliter la préparation des données d'entrée du modèle sous forme de fichiers « *notebook* » Jupyter ;
- des fichiers d'entrée suivants :
  - o fichiers concernant la définition des zones de régulation :
    - une liste de tableaux « Communes » faisant correspondre, pour chaque département, le code INSEE de chaque commune avec sa zone de régulation,
    - un fichier de forme contenant les communes de la zone moins dense privée,
    - un fichier de forme présentant les contours des poches de haute et de basse densité de la zone très dense.
  - o fichier texte listant les départements limitrophe de chaque département français.

Enfin, les documents liés à la publication des versions 1.0 et 1.1 sont également inclus pour permettre au lecteur de s'y référer facilement.

La section 2 du présent document expose les grands principes guidant la modélisation présentée, la section 3 détaille le fonctionnement du modèle, les choix de modélisations et les paramètres retenus, la section 4 fournit certaines précisions sur la constitution du jeu de données d'entrée, la section 5 présente les résultats des grandeurs physiques issues de la modélisation, la section 6

---

<sup>9</sup> Lors de la consultation publique du 7 avril au 19 mai 2017, mentionnée *supra*.

<sup>10</sup> D'autres fichiers d'entrée décrits en partie 3 (comme par exemple les bases de données provenant d'Orange et de l'Institut géographique national) ne sont pas publiés, de par leur nature confidentielle ou commerciale.

<sup>11</sup> Les conditions de réutilisation des fichiers sources sont précisées en annexe 2 .

aborde enfin les modalités d'utilisation de cette modélisation dans le cadre de la tarification du dégroupage.

## 2 Les grands principes de la modélisation élaborée par l'Autorité

Les grands principes de la modélisation sont inchangés. Il est donc renvoyé à la partie 2 de la documentation de la version 1.0 publiée en avril 2017.

Il est seulement rappelé ici de façon plus synthétique quelques éléments au sujet du type de réseau modélisé, de son périmètre, ainsi que les choix réalisés pour concilier simplicité et robustesse du modèle.

### 2.1 Le type de réseau et d'opérateur modélisé

L'objectif de la modélisation développée est de pouvoir utiliser les résultats du modèle de façon pertinente dans le cadre de la tarification du dégroupage total.

Pour choisir le réseau à modéliser, l'Autorité a pris en compte, d'une part, la recommandation précitée, qui indique que « *les ARN devraient adopter une méthode de calcul des coûts ascendante LRIC+ consistant à estimer le coût courant qu'un opérateur efficace hypothétique encourrait pour construire un réseau moderne efficace, c'est-à-dire un réseau NGA<sup>12</sup>* » (§31), et d'autre part, le cadre de régulation en vigueur en France, notamment les obligations en matière de positionnement et de dimensionnement des points d'accès (point de mutualisation, le cas échéant, point de raccordement distant mutualisé, généralement confondu avec le nœud de raccordement optique).

Pour les éléments plus détaillés, il est renvoyé à la documentation de la version 1.0 publiée en avril 2017.

**Question 1.** *Avez-vous des commentaires au sujet des caractéristiques générales retenues par l'Autorité pour définir le type de réseau modélisé ?*

### 2.2 Le périmètre du réseau modélisé

La modélisation concerne la boucle locale, ici une boucle locale optique mutualisée (cf. documentation de la version 1.0), hors raccordement final. Les réseaux de cœur et de collecte ne sont donc pas modélisés dans le présent modèle. Le périmètre modélisé correspond donc aux segments encadrés en rouge du schéma ci-dessous :

---

<sup>12</sup> Réseau d'accès de nouvelle génération (*next generation access*).

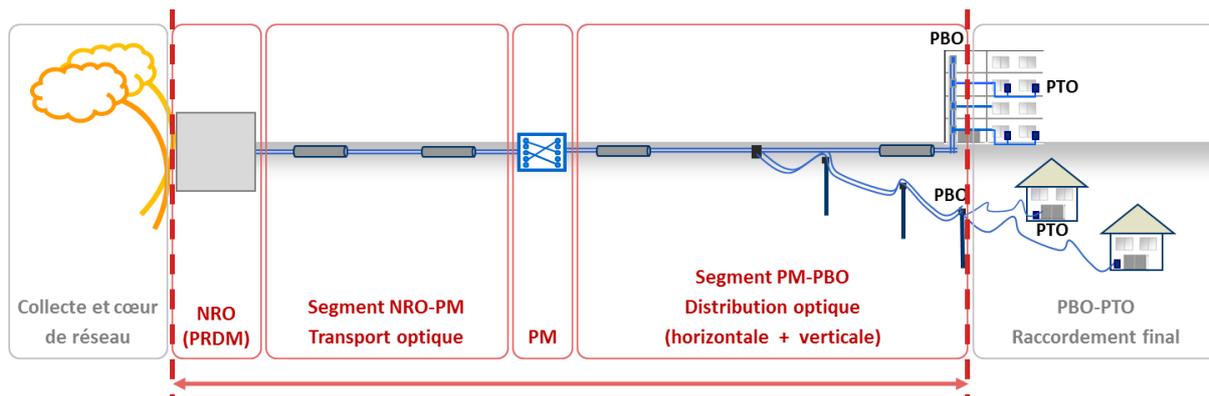


Figure 1 - Schéma du réseau modélisé

À la différence de ce qui est précisé par la note de bas de page 7 de la documentation de la version 1.0, les coupleurs sont désormais pris en compte dans le périmètre de modélisation.

Le raccordement final, c'est-à-dire la partie du réseau située entre le point de branchement optique (PBO) et le dispositif terminal intérieur optique (DTIo), souvent désigné comme la « prise terminale optique » (PTO), est partie intégrante de la boucle locale optique mutualisée. Le modèle mis en consultation publique ne comprend toutefois pas cet élément. La question de l'opportunité de l'intégration de tout ou partie du coût du raccordement final pour le calcul du tarif du dégroupage est abordée en section 6.2.2.

**Question 2.** *Avez-vous des commentaires au sujet du choix fait par l'Autorité pour le périmètre du réseau modélisé ?*

### 2.3 Équilibre entre simplicité du modèle et robustesse des résultats

Par essence, un modèle, tout en ayant pour finalité de restituer une situation crédible et objective, est nécessairement simplificateur.

L'Autorité ne cherche pas à simuler l'ensemble des pratiques de déploiement d'un opérateur efficace hypothétique, mais à proposer des méthodes de modélisation réalistes et d'une complexité modérée permettant de déterminer les coûts supportés par un tel opérateur et, *in fine*, d'avoir une estimation représentative des coûts de reconstruction d'un réseau moderne efficace NGA.

L'Autorité a identifié plusieurs éléments susceptibles d'imposer une charge de travail non proportionnée au regard des objectifs poursuivis dans la finesse des résultats, notamment lorsqu'il est possible de s'appuyer sur des éléments provenant du réseau d'Orange. Ainsi, afin de trouver le meilleur équilibre entre, d'une part, la simplicité du modèle (en termes de charge de travail pour l'ensemble des parties prenantes) et, d'autre part, la précision et la robustesse des résultats qu'il produit, les approches de simplification précédemment retenues ont été conservées, celles-ci sont détaillées en section 3 de la documentation de la version 1.0.

**Question 3.** *Avez-vous des observations sur les approches de simplification retenues par l'Autorité, exposées lors de la consultation du 7 avril au 19 mai 2017 ?*

### 2.4 Licence

Dans un souci de transparence, l'Autorité publie à l'occasion de cette consultation publique les fichiers source du modèle, à savoir le code source Java™ et le tableau Excel du module de coûts, ainsi

que certains fichiers auxiliaires<sup>13</sup>. Cette publication se fait sous une licence ouverte (y compris pour une réutilisation commerciale) sous condition d'une mention de paternité. Cette licence est détaillée en annexe 1.

### 3 Le fonctionnement du modèle

Comme indiqué au 1.2, le fonctionnement du modèle est dans ses grandes lignes resté identique à celui qui avait été décrit dans le document de consultation publique d'avril 2017<sup>14</sup>. Afin de mettre en exergue les modifications apportées, le choix a été fait ici de renvoyer le lecteur à ce document concernant les éléments inchangés et de ne détailler que les modifications apportées. Néanmoins, les changements qui avaient été apportés entre la version 1 et la version 1.1 (d'octobre 2017) sont repris ici pour limiter le nombre de documents nécessaires pour appréhender l'ensemble de la modélisation.

#### 3.1 Fonctionnement général du modèle

Les trois grands enjeux de modélisation identifiés dans la documentation de la version 1.0 et correspondant aux trois modules du schéma ci-après sont rappelés ici : le *module topologique* effectue le tracé physique du réseau, zone arrière de NRO par zone arrière de NRO ; le *module de déploiement* part de ce tracé pour calculer toutes les unités d'œuvre, grandeurs physiques inductrices des coûts finalement calculés et annualisés par le *module de coûts*. Cette modélisation est effectuée en distinguant trois zones : les zones très denses (ZTD), les zones moins denses d'initiative privée (ZMD-privée) et les zones moins denses d'initiative publique (ZMD-publique).

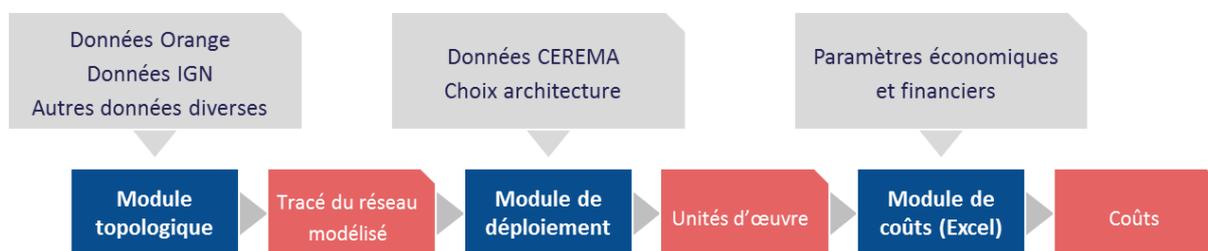


Figure 2 – Schéma général de fonctionnement du modèle

##### 3.1.1 Les principaux enjeux du module topologique

Le but du module topologique est de fournir au module de déploiement un tracé de réseau d'accès NRO par NRO, aux nœuds desquels figure la demande locale<sup>15</sup>. Il est donc nécessaire de faire en amont un certain nombre de choix structurants pour l'ensemble du modèle :

<sup>13</sup> Scripts Python™ permettant de modifier le système de coordonnées de fichiers de forme ou de tableaux de données.

<sup>14</sup> Le texte de la consultation publique est accessible à l'adresse suivante : <https://www.arcep.fr/actualites/les-consultations-publiques/p/gp/detail/consultation-publique-une-modelisation-ascendante-dun-reseau-de-boucle-locale-optique-mutualisee.html>

<sup>15</sup> C'est-à-dire le nombre de lignes qui se branchent sur le réseau au nœud considéré. Dans la modélisation présentée, un nœud dont la demande locale est strictement positive porte un PBO.

- quelle(s) source(s) utiliser pour obtenir une demande en accès fixe géolocalisée et répartie de manière réaliste sur le territoire ?
- quels réseaux existants réutiliser pour déterminer le tracé du nouveau réseau ?
- où placer les NRO ?

a) Géolocalisation de la demande : placement des points de branchement optiques aux emplacements des points de concentration du réseau cuivre

Inchangé par rapport à la version 1.0.

b) Utilisation des tracés des infrastructures de génie civil d'Orange et du réseau routier

Comme évoqué en section 2.3, le réseau modélisé réutilise autant que faire se peut les infrastructures de génie civil existantes, et à défaut le réseau routier. Le modèle utilisera donc ces deux sources en tant que données d'entrée.

La documentation de la version 1.0 précise que des incohérences apparues suite à l'utilisation des fichiers de génie civil d'Orange avaient conduit l'Autorité à adopter, à l'époque, une stratégie dégradée de modélisation. Le tracé des réseaux était alors réalisé le long des réseaux routiers tandis que les différents types de génie civil existant étaient comptabilisés sur chaque zone arrière de NRO. Lors du module de déploiement, un algorithme dit de « coloriage » permettait ensuite d'associer un type de génie civil à chaque arête du réseau de manière cohérente avec la comptabilisation effectuée.

Les modifications apportées à la modélisation dans la version 1.2 ont permis de lever ces incohérences et autorisent l'utilisation du tracé réel des réseaux de génie civil à la place de la solution dégradée de « coloriage ». Les réseaux routiers, pénalisés par un coût plus élevé dans les choix de tracé du réseau effectués par le module topologique, sont utilisés pour compléter l'infrastructure disponible aux endroits où le génie civil d'Orange manquerait ou entraînerait des détours très importants.

Les acteurs souhaitant s'exprimer sur les algorithmes de détermination du tracé des réseaux sont invités à consulter la description plus détaillée de l'algorithme en section 3.3.6 et à répondre à la Question 5.

c) Les nœuds de raccordement optiques, une sélection de nœuds de raccordement d'abonnés

Inchangé par rapport à la version 1.0.

L'algorithme de sélection des NRO conduit à environ 8 750 NRO sur toute la France métropolitaine ; les acteurs souhaitant s'exprimer sur cet algorithme et le plafond de 15 km choisi par l'Autorité sont invités à consulter la description plus détaillée de l'algorithme en section 3.3.5 et à répondre à la Question 4.

La description détaillée de l'ensemble des modifications apportées au module topologique est effectuée en section 3.3.

### 3.1.2 Les principaux enjeux du module de déploiement

Le but du module de déploiement est de calculer toutes les unités d'œuvre liées au réseau modélisé, c'est-à-dire les grandeurs correspondant à tous les éléments générateurs de coûts : nombre d'éléments de réseau, surface des NRO, longueurs totales de chaque type et calibre de câble, nombre d'immeubles et de logements pour estimer les coûts de la distribution verticale, nombre d'épissures, etc. Les principaux enjeux sont les suivants :

- le choix de la demande cible ;

- la structuration d'un tracé en boucle locale optique mutualisée ;
- le calcul des unités d'œuvre à proprement parler.

a) Le choix de la demande cible

Concernant la valeur de la demande cible, il convient, dans l'esprit de la recommandation « *non-discrimination et méthodes de coûts* », de modéliser un réseau desservant l'ensemble de la demande en accès fixe, hors raccordement dédié pour client d'affaires.

Le périmètre de la demande cible est ainsi inchangé sur le plan conceptuel mais les sources utilisées ont été mises à jour à partir des derniers millésimes publiés par l'INSEE :

- Le millésime 2016 de l'enquête « Logements » de l'INSEE est actuellement utilisée pour déterminer le nombre de logements par commune.
- Le millésime 2015 du dispositif « Connaissance de l'appareil productif » est actuellement utilisée pour déterminer le nombre de locaux professionnels par commune.

Les acteurs souhaitant s'exprimer sur la valeur de demande cible à retenir et sur le fonctionnement de l'algorithme d'ajustement de la demande sont invités à consulter la description plus détaillée de l'algorithme en section 3.4.3 et à répondre à la Question 6.

Zone	Total France	ZTD	ZMD privée	ZMD publique
Demande cible	37,4 M	6,6 M	14,4 M	16,4 M

Tableau 1 – Demande cible retenue par l'Autorité<sup>16</sup>

b) La structure de boucle locale optique mutualisée

Les enjeux à cet égard sont inchangés. Néanmoins, le fonctionnement du modèle a été légèrement modifié. Ainsi, depuis la version 1.1, c'est la moyenne des longueurs PM-PBO qui est utilisée pour vérifier, lors du placement du PM, que le plafond de longueur n'est pas atteint, en remplacement de la médiane de ces longueurs.

Ainsi, le fonctionnement est désormais le suivant : l'algorithme regroupe les PBO en partant des PBO les plus en aval et en « remontant » dans le réseau, tant que le seuil (100 ou 300 lignes suivant la zone) n'est pas atteint, sauf si cela conduit à poser un nouveau PM pour lequel la moyenne des longueurs réelles PM-PBO est supérieure à un plafond donné, que l'Autorité envisage de fixer à 5 km.

L'algorithme de placement des PM extérieurs conduit à environ 118 000 PM extérieurs sur toute la France ; les acteurs souhaitant s'exprimer sur cet algorithme, ainsi que sur le plafond de 5 km choisi par l'Autorité, sont invités à consulter la description plus détaillée de l'algorithme en section 3.4.4 et à répondre à la Question 7.

c) Le calcul des unités d'œuvre

Inchangé par rapport à la version 1.0.

Les acteurs souhaitant s'exprimer sur le choix de ces paramètres sont invités à consulter la section 3.4.5 et à répondre aux questions allant de la Question 8 à la Question 13.

Le fonctionnement du module de déploiement et les paramètres choisis sont détaillés en section 3.4.

<sup>16</sup> Ces chiffres incluent les départements et régions d'outre-mer, sauf Mayotte (les données pour ce département ne figurent pas dans l'enquête « Logements » ni dans le dispositif « Connaissance locale de l'appareil productif » publiés par l'INSEE).

### 3.1.3 Les principaux enjeux du module de coûts

Le but du module de coûts est de passer des unités d'œuvre calculées par le module de déploiement au coût total mensuel par accès du réseau modélisé. Ce coût se décompose en :

- des coûts de patrimoine (égaux aux annuités des montants d'investissement) ;
- des coûts d'exploitation ;
- une quote-part des coûts communs de l'opérateur<sup>17</sup>.

#### a) Calcul des coûts de patrimoine

Inchangé par rapport à la version 1.0.

Les acteurs souhaitant s'exprimer sur le calcul des coûts de patrimoine, et en particulier sur les coûts unitaires des actifs, la méthode des coûts de remplacement en filière et les paramètres de celle-ci (durées de vie des actifs, taux de progrès technique des actifs, WACC<sup>18</sup>, inflation prévisionnelle) sont invités à consulter la section 3.5.1 et 3.5.2 et à répondre à la Question 14 et à la Question 15.

#### b) Calcul des coûts d'exploitation

Inchangé par rapport à la version 1.0.

Les acteurs souhaitant s'exprimer sur la modélisation des coûts d'exploitation et la valeur des paramètres retenus sont invités à consulter la section 3.5.3 et à répondre Question 16, à la Question 17, à la Question 18 et à la Question 19.

## 3.2 Introduction à la description détaillée

### 3.2.1 Schéma global de fonctionnement

Les sections 3.3, 3.4 et 3.5 fournissent une description détaillée du modèle, en abordant successivement le module topologique, le module de déploiement et le module de coûts. Les parties les plus techniques des sections 3.3, et 3.4 doivent être comprises comme un accompagnement à la lecture du code source Java™.

Cette description s'accompagne de schémas partageant la légende commune suivante :

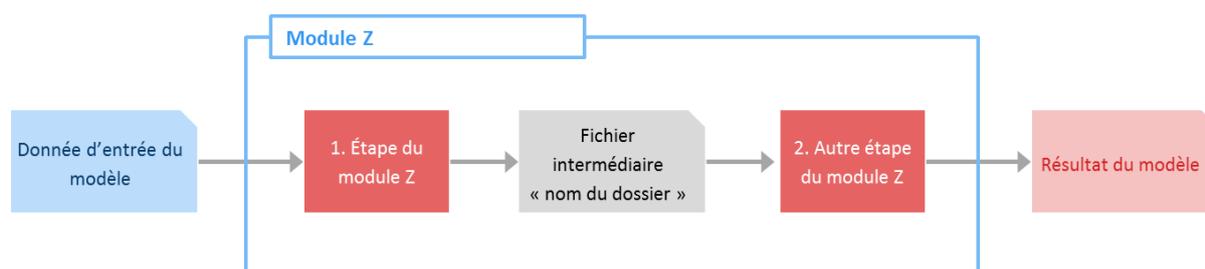


Figure 3 – Légende des schémas détaillés

<sup>17</sup> L'Autorité tient à souligner que la modélisation effectuée vise à obtenir un résultat pertinent en termes de coûts globaux annuels, totaux et unitaires, nationaux et par grande zone de régulation. Une utilisation du modèle qui séparerait par exemple les coûts de patrimoine des coûts d'exploitation ou isolerait arbitrairement un élément des coûts de patrimoine n'aurait pas de validité sans analyse de cohérence complémentaire.

<sup>18</sup> *Weighted average cost of capital*, ou taux de rémunération du capital

Pour la description technique détaillée, le module topologique est divisé en trois sous-modules, ce qui fait que le schéma ci-dessous comporte 5 modules libellés de A à E :

- les modules A, B et C forment le module topologique (section 3.2.1) ;
- le module D correspond au module de déploiement (section 3.4) ;
- le module E correspond au module de coûts (section 3.5).

Les modules A à D forment l'ensemble du code Java™ mis en consultation publique, tandis que le module E est un fichier Excel.

Le schéma global de fonctionnement du modèle sous ce format est le suivant :

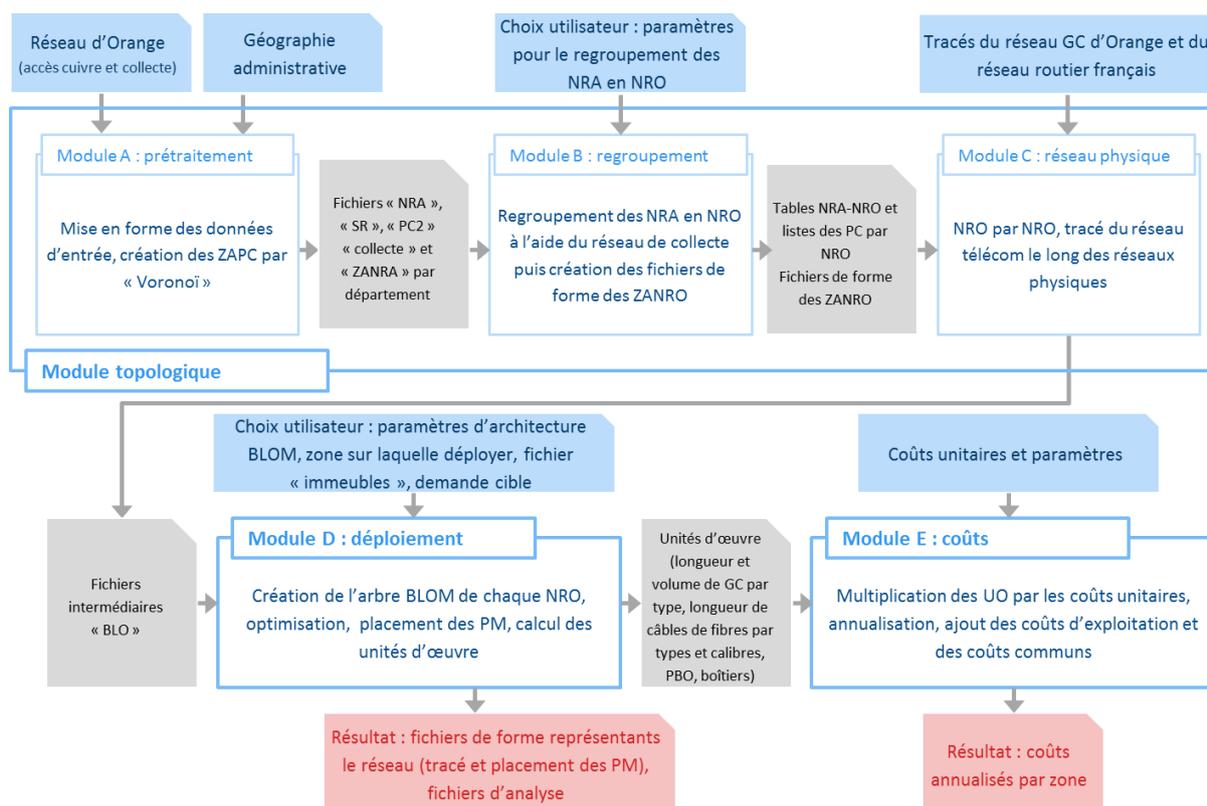


Figure 4 – Schéma complet du modèle

### 3.2.2 L'utilisation du modèle en pratique

#### a) Les modules codés en Java™

Les modules A, B C et D sont codés dans un unique programme (*package*) Java™ rassemblant 26 fichiers sources .java (et deux fichiers .form pour l'interface utilisateur), qui sont compilés puis exécutés. L'exécution déclenche la création et l'affichage d'une fenêtre d'interface avec l'utilisateur dotée de champs textuels et de boutons cliquables, permettant ainsi à l'utilisateur du modèle d'effectuer divers choix de paramètres avant de lancer les différentes étapes du module topologique et le module de déploiement.

## b) Le tableur du module de coûts

Le module de coûts, quant à lui, est un tableur Excel. L'utilisateur peut copier-coller dans un onglet de celui-ci le fichier de résultat approprié du module de déploiement et modifier les valeurs des paramètres économique-financiers propres à ce module (coûts unitaires, durées de vie et taux de progrès techniques des actifs, WACC, inflation prévisionnelle, etc.).

### 3.2.3 Organisation technique du code Java™

Un programme Java™ est un ensemble de fichiers Java™ qui décrivent des classes. Toutes ces classes contiennent des attributs et des méthodes (fonctions).

Lors de la description détaillée, le lien sera fait entre les étapes schématiques du modèle et les classes qui permettent de les effectuer grâce à leurs méthodes. Par convention, pour faciliter la lecture des parties les plus techniques :

- les noms de classe sont en police `Courier New` et commencent par une majuscule ;
- les noms des attributs et méthodes des classes sont en police `Courier New` et commencent par une minuscule ;
- les méthodes sont toujours suivies de parenthèses ; celles-ci contiennent éventuellement un ou plusieurs noms décrivant synthétiquement tout ou partie de leurs arguments, sans prétendre à une exhaustivité qui serait fastidieuse.

Les notations `Classe.champ` et `Classe.methode()` seront parfois utilisées pour préciser qu'un champ ou qu'une méthode appartient à la classe `Classe`.

La classe `Main` sert principalement par son constructeur `main(String args[])` qui crée une instance de la classe `FenPrincipale`, laquelle définit la fenêtre d'interface avec l'utilisateur décrite ci-dessus. C'est depuis cette classe que sont lancées les différentes étapes du module topologique et le module de déploiement ; pour ce faire elle pilote aussi une instance de la classe `Parametres`, utilisée pour stocker tous les paramètres techniques du modèle, et passée en argument d'un grand nombre de constructeurs et de méthodes.

La version 1.2 ajoute à la méthode `Main.main(String args[])` le rôle de lire les chemins d'accès aux fichiers d'entrée et aux répertoires à utiliser pour les fichiers intermédiaires et de sortie, ainsi qu'un certain nombre de paramètres de fonctionnement du modèle dans le fichier `BLOM.ini` grâce à la méthode `IniReader.getVal(String nomDuParametre)`.

La classe `Main` contient également quelques fonctions utilitaires permettant notamment d'obtenir la spécification du système de coordonnées utilisé, d'obtenir le nom d'un département d'après son numéro et d'obtenir le chemin d'accès aux fichiers décrivant le génie civil d'Orange et les routes.

## 3.3 Module topologique : la détermination du tracé

### 3.3.1 Description générale

#### a) But

Inchangé par rapport à la version 1.0.

#### b) Données d'entrée

Les données d'entrée utilisées par le module topologique restent identiques à celles décrites dans la documentation de la version 1.0, à l'exception des fichiers de zones de régulation. Ainsi le fichier faisant correspondre à chaque code INSEE les valeurs binaires « fait partie des zones très denses » et

« fait partie de la zone d'initiative privée des zones moins denses » est remplacé par un fichier faisant correspondre à chaque code commune INSEE<sup>19</sup>, une chaîne de caractère pouvant prendre trois valeurs selon la correspondance suivante :

- « ZTD » : fait partie des zones très denses ;
- « AMII » : fait partie de la zone d'initiative privée des zones moins denses ;
- « RIP » : toutes les autres communes.

Ces fichiers, ainsi que les fichiers géographiques donnant, d'une part, les délimitations des poches de basse et de haute densité des zones très denses et, d'autre part, les délimitations de la zone d'initiative privée des zones moins denses, sont publiés par l'Autorité.

Les autres données d'entrée étant pour l'essentiel de nature confidentielle ou commerciale, elles ne sont pas publiées par l'Autorité.

#### c) Données de sortie

Les données de sortie du module topologiques restent identiques à celles décrites dans la documentation de la version 1.0 à un ajout près : en plus des fichiers « BLO » (résultats du module C) calculés par la version 1.0, la présente version permet de restituer, sous forme de fichiers de forme, le « réseau » d'infrastructures mobilisables (génie civil et / ou routes et, le cas échéant, arêtes ajoutées par le modèle) pour le tracé de la BLOM. Ces fichiers ont uniquement vocation à permettre certaines analyses et ne sont pas réutilisés par les modules ultérieurs. Ils sont stockés dans le sous-répertoire « `graphe_shp` » et consistent, pour chaque NRO, en un fichier de forme décrivant les nœuds et un autre décrivant les arêtes. Le stockage de ces fichiers est également gourmand en espace, aussi leur calcul est optionnel.

#### d) Fonctionnement schématique

La description du fonctionnement de ce module est faite ci-dessous en parcourant successivement les trois sous-modules A, B et C (*cf.* la Figure 3 en section 3.2.1). Le module A est essentiellement un module de prétraitement des données et ne présente pas d'enjeu particulier. Le module B a pour fonction le choix des NRO qui serviront d'éléments de référence dans toute la suite du modèle ; cet algorithme est abordé en section 3.3.5). Enfin, le module C effectue le tracé du réseau à proprement parler, zone arrière de NRO par zone arrière de NRO (ZANRO).

#### e) Interface utilisateur

Comme l'illustre la capture d'écran ci-dessous, l'utilisateur du modèle doit cliquer successivement sur 6 boutons pour faire fonctionner dans son intégralité le module topologique. Les boutons sont regroupés par module et un texte indique les fichiers de sortie correspondant à chacun d'entre eux :

---

<sup>19</sup> Chacune des communes de Lyon, Marseille et Paris correspond bien également à une seule ligne dans le fichier « Communes » (leurs codes INSEE étant respectivement 69123, 13055 et 75056).

The screenshot shows a web interface for a topological module, divided into three main sections:

- Module A : prétraitement**
  - Buttons: "Préparation shapes (départements, zonage)", "Préparation des fichiers du réseau cuivre", "Pré-traitement réseau de collecte", "Création des shapefiles des ZANRA".
  - Options:
    - Utiliser les sous-répartiteurs lors de la lecture du réseau cuivre pour la création des ZANRA et le regroupement des NRA en NRO
    - Supprimer les shapefiles préexistants pour la création des ZANRA
  - Inputs: "Nombre minimal de lignes pour un NRO : 1000", "Distance maximale NRO-NRA (km) : 15".
  - Button: "Regroupement des NRA en NRO et création des shapefiles des ZANRO".
  - Output files:
    - Préparation shapes : DptsEtendus-5km
    - Préparation des fichiers du réseau cuivre : LP, PC1, NRA, SR, PC2
    - Traitement des réseaux de collecte : Collecte
    - Création des shapefiles des ZANRA : VoronoIPC, ZANRA
- Module B : regroupement**
  - Button: "Regroupement des NRA en NRO et création des shapefiles des ZANRO".
  - Output files:
    - NRO-XXkm/[dept]/[zone]/ListePC
    - ZANRO-XXkm/
- Module C : réseau physique**
  - Inputs: "Tolérance pour l'accrochage des noeuds du graphe : 3 mètres", "Tolérance de distance max. pour être raccordé au GC : 15 mètres".
  - Options:
    - Utiliser le GC d'Orange
    - Charger les réseaux des départements limitrophes
    - Utiliser les routes
    - Tracé shapefile du graphe représentant le réseau
  - Button: "Module topo et sortie des fichiers intermédiaires 'BLO'".
  - Output files:
    - BLO-[GC-][routier-]XXkm/[dept]/[zone]/Arêtes
    - BLO-[GC-][routier-]XXkm/[dept]/[zone]/Noeuds
    - BLO-[GC-][routier-]XXkm/[dept]/[zone]/ModesPose

Figure 5 - Onglet "Module topologique" de la fenêtre de l'interface

### 3.3.2 Fonctionnement technique global

Inchangé par rapport à la version 1.0.

### 3.3.3 La préparation des données d'entrée

L'intégralité des nouvelles données d'entrée géographiques utilisées par le modèle concernant la France métropolitaine a été fournie en Lambert-93 et le modèle n'effectue donc plus de conversion de système de projection. Il est désormais préconisé d'utiliser le modèle en utilisant uniquement des fichiers utilisant ce système de projection pour la France métropolitaine. Néanmoins, afin de permettre aux utilisateurs qui auraient des données exprimées dans d'autres systèmes de coordonnées d'effectuer les conversions nécessaires pour obtenir un jeu de données d'entrée en Lambert-93, deux fichiers de code Python<sup>TM</sup> exécutables en tant que *Notebooks* Jupyter<sup>20</sup> sont fournis :

- le fichier « Reprojection shapefile » permet de changer le système de projection d'un ou d'une liste de fichiers de forme<sup>21</sup> ;
- le fichier « Reprojection table » permet de changer le système de projection d'un ou d'une liste de fichiers texte délimités (typiquement un fichier d'extension « .csv »<sup>22</sup>)

Le choix d'utiliser un langage de type « *script* » et de le présenter sous forme de « *notebook* » permet à l'utilisateur une plus grande souplesse que celle qui serait permise par un outil programmé en

<sup>20</sup> <https://jupyter.org/>

<sup>21</sup> Dans la suite de cette section, un « fichier de forme » (*shapefile*) recouvre l'ensemble des fichiers liés au fichier d'extension « .shp », c'est-à-dire a minima les fichiers d'extension « .dbf », « .shx » (mais aussi le cas échéant les fichiers « .prj », « .sbn » etc).

<sup>22</sup> « *Comma Separated Value* »

Java™, notamment pour lui permettre d'adapter le fonctionnement pour tenir compte des spécificités dans le format ou l'organisation des données qu'il chercherait à utiliser. Ces fichiers de codes sont donc à voir comme une « boîte à outils » pour la préparation des données géographiques en entrée du modèle.

Ces deux fichiers utilisent principalement la bibliothèque (*library*) *open-source* « *geopandas* »<sup>23</sup> pour effectuer le changement de système de projection. Le fichier « Reprojection table » utilise aussi les librairies *open-source* « *pandas* » et « *shapely.geometry* » pour gérer la conversion des tables en objet possédant une géométrie et inversement. L'utilisation de ces fichiers nécessite simplement de connaître le code « EPSG »<sup>24</sup> du système de projection que l'on désire obtenir en sortie<sup>25</sup>.

### 3.3.4 Le prétraitement des données

Le schéma ci-dessous décrit les différentes étapes du prétraitement des données :

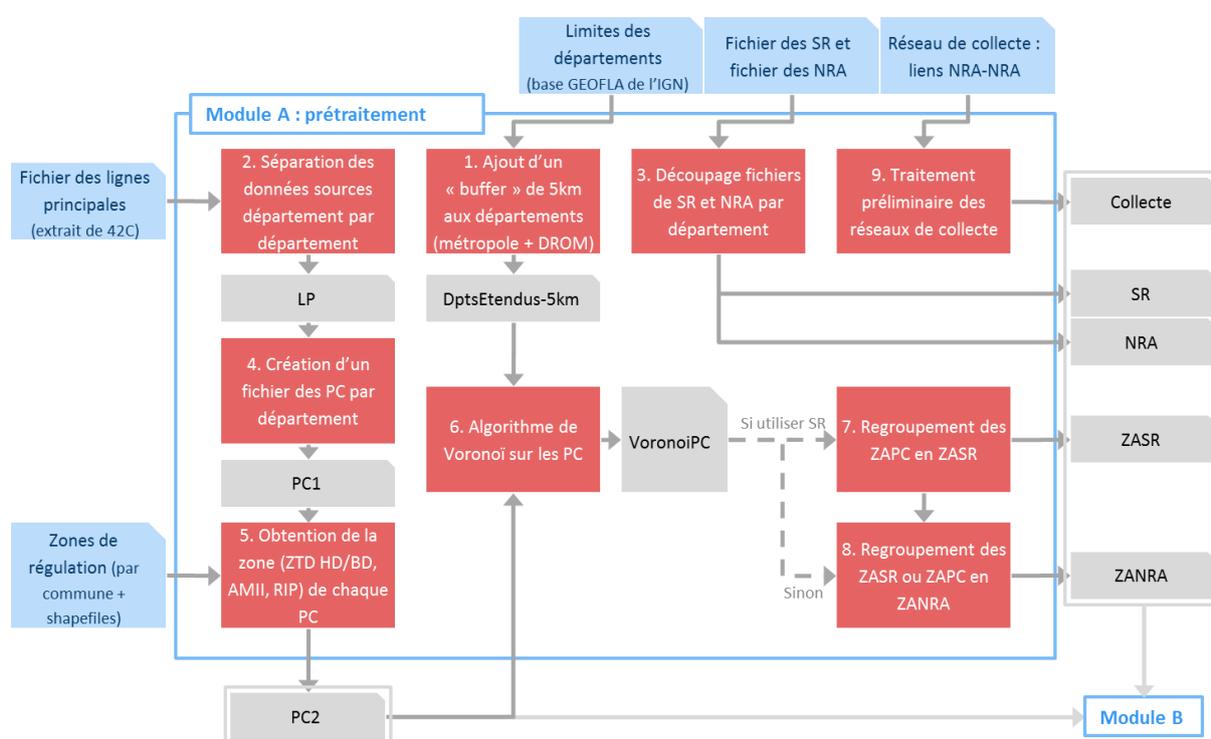


Figure 6 – Schéma du module A (prétraitement des données)

<sup>23</sup> La documentation de cette bibliothèque est accessible à l'adresse suivante : <https://geopandas.org>

<sup>24</sup> Ces codes sont des standards utilisés dans la plupart des systèmes d'information géographique et en particulier par la librairie « *geopandas* ». Le consortium OGC (*Open Geospatial Consortium*) maintient une base de données sur ces standards, accessible en ligne ([epsg.io](http://epsg.io)), qui permet de retrouver facilement le code EPSG associé à un nom de système de projection. Par exemple, le code EPSG associé au système « Lambert-93 » est 2154.

<sup>25</sup> Dans le cas de la conversion d'une table de données, il faudra aussi renseigner le système de projection utilisé par les données à convertir.

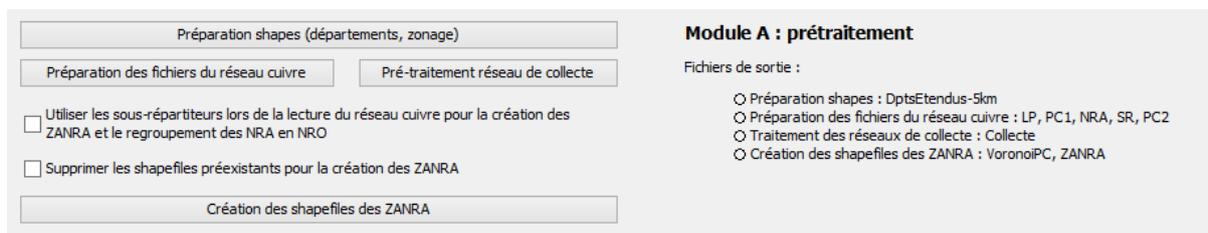


Figure 7 - Interface utilisateur du module de prétraitement des données

Le premier bouton appelle la méthode `pretraitementShapes()` de la classe `ModuleTopo` qui effectue l'étape 1 du schéma ci-dessus. Le bouton « Préparation des fichiers du réseau cuivre » appelle la méthode `pretraitementReseauCuivre()` de la classe `ModuleTopo`, qui exécute les étapes 2 à 5 du schéma ci-dessus. Le bouton « Création des shapefiles des ZANRA » appelle la méthode `createZAPCSR NRA()`, qui effectue l'étape 6, éventuellement l'étape 7, rendue optionnelle depuis la version 1.1, et l'étape 8. Enfin, le bouton « Pré-traitement réseau de collecte » appelle la méthode `pretraitementCollecte()`, toujours de la classe `ModuleTopo`, qui effectue l'étape 9.

Ces 4 boutons correspondent aux 4 sous-sections ci-dessous.

Les deux cases à cocher correspondent aux comportements suivants, disponibles depuis la version 1.1 :

- l'option intitulée « Utiliser les sous-répartiteurs lors de la lecture du réseau cuivre pour la création des ZANRA et le regroupement des NRA en NRO » rend possible, si elle n'est pas cochée, le fonctionnement du modèle sans disposer du fichier décrivant l'emplacement et le NRA de chaque sous-répartiteur principal du réseau cuivre d'Orange ;
- l'option intitulée « Supprimer les shapefiles préexistants pour la création des ZANRA » peut être sélectionnée par l'utilisateur souhaitant recalculer les fichiers de forme de l'ensemble des zones pour ne pas avoir à supprimer manuellement le contenu du répertoire des fichiers intermédiaires (le modèle ne recalcule en effet ces fichiers de sortie que s'ils n'existent pas).

a) Étapes 0 et 1 : préparation des fichiers de forme

#### i. Conversion

Cette étape permettait dans la version 1.0 de convertir les fichiers de forme vers le système de coordonnées Lambert II étendu afin d'harmoniser le système de coordonnées de référence avec celui utilisé par les fichiers fournis par Orange.

Elle a été supprimée à partir de la version 1.1, suite à la mise à jour de la bibliothèque `GeoTools` (cf. 2.1 de la liste des changements de la version 1.1) et aux difficultés d'utilisation rencontrées par certains utilisateurs. L'utilisateur devait alors fournir un ensemble de fichiers cohérents, en Lambert II Étendu.

Elle n'est désormais plus pertinente dans la mesure où les fichiers fournis par Orange présentent désormais des coordonnées projetées en Lambert 93 pour la France métropolitaine. Il est désormais préconisé de faire fonctionner le modèle en n'utilisant que des fichiers d'entrée (fichiers de forme et tableaux) avec des coordonnées projetées en Lambert 93. Néanmoins, des fichiers de code Python<sup>TM</sup>

exécutables en tant que *Notebooks Jupyter*<sup>26</sup> sont fournis pour permettre aux utilisateurs qui auraient des données exprimées dans d'autres systèmes de coordonnées d'effectuer les conversions nécessaires, préalablement à l'exécution des modules Java<sup>TM</sup> (cf. 3.3.3).

#### ii. Mise en place d'une zone tampon (« *buffer* »)

Cette étape correspond à l'étape 2 décrite dans la documentation de la version 1.0.

##### b) Étapes 2 à 5 : préparation des fichiers représentant le réseau d'accès cuivre

Ces étapes correspondent aux étapes 3 à 6 décrites dans la documentation de la version 1.0.

Une modification a été effectuée par rapport à la version 1.0 : pour chaque ligne principale, la concaténation de la clé du SR et de la clé du PC est réalisée<sup>27</sup>. Cette nouvelle variable permet d'identifier les PC, les lignes présentant un couple « clé SR / clé PC » identique sont agrégées au sein d'un même objet PC ayant un nombre de lignes égal au nombre d'occurrences de ce couple dans la base des lignes principales.

##### c) Étapes 6 à 8 : création des zones arrière de NRA

Ces étapes correspondent aux étapes 7 à 9 décrites dans la documentation de la version 1.0. Elles sont inchangées par rapport à la version 1.0, à ceci près que, depuis la version 1.1 (cf. 2.2 de la liste des changements de la version 1.1), il est possible de fusionner directement les zones arrière de PC pour obtenir les zones arrière de NRA, sans regroupement préalable en zones arrière de SR (l'étape désormais numérotée 7 est donc optionnelle).

#### i. Simulation des ZAPC grâce aux diagrammes de Voronoï

Cette étape correspond à l'étape 7 décrite dans la documentation de la version 1.0.

#### ii. Passage des ZAPC aux ZANRA

Les polygones obtenus à l'étape précédente sont fusionnés à partir des identifiants pour les zones arrière de NRA (ZANRA). Optionnellement, il est possible d'obtenir, comme intermédiaire, les zones arrière de SR (ZASR). À chaque étape, les fichiers de forme sont stockés.

##### d) Étape 9 : traitement préliminaire des réseaux de collecte

L'étape est la même que l'étape 10 de la version 1.0. Toutefois, le modèle utilise désormais l'intégralité des liens de collecte du réseau d'Orange, quel que soit le type de support. Le fichier d'entrée brut avant le traitement préliminaire est détaillé en section 4.2.

### 3.3.5 Regroupement des NRA en NRO

#### a) Description fonctionnelle

Le schéma ci-dessous décrit les différentes étapes du regroupement des NRA en NRO :

---

<sup>26</sup> <https://jupyter.org/>

<sup>27</sup> Dans les fichiers fournis par Orange, la clé PC seule ne suffit pas à identifier le PC.

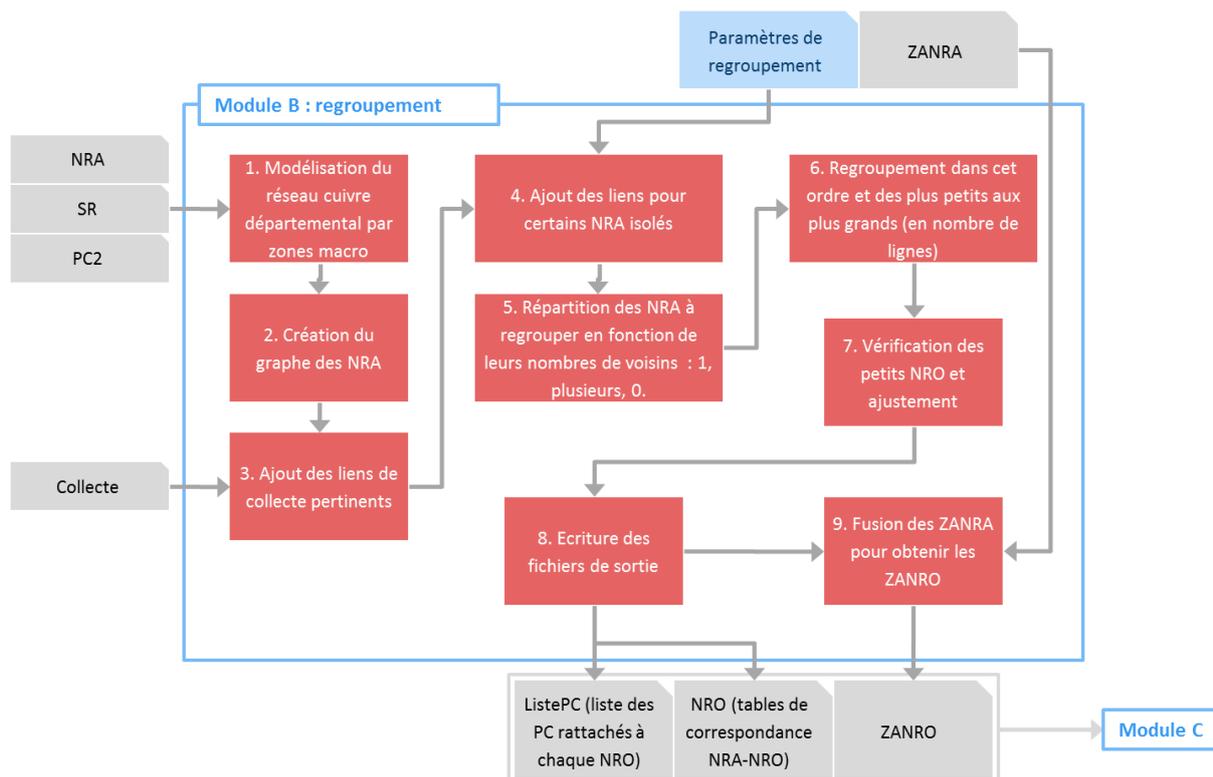


Figure 8 – Schéma du module B (regroupement des NRA en NRO)

Nombre minimal de lignes pour un NRO : <input type="text" value="1000"/> Distance maximale NRO-NRA (km) : <input type="text" value="15"/> <input type="button" value="Regroupement des NRA en NRO et création des shapefiles des ZANRO"/>	<b>Module B : regroupement</b> Fichiers de sortie : <input type="radio"/> NRO-XXkm/[dept]/[zone]/ListePC <input type="radio"/> ZANRO-XXkm/
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figure 9 - Interface utilisateur pour le module de regroupement des NRA en NRO

Le module est constitué d'un seul bouton qui appelle la méthode « `regrouperNRANRO` ». Cette méthode effectue l'ensemble des étapes 1 à 9 du schéma ci-dessus. Les deux paramètres renseignés par l'utilisateur – le nombre minimal de lignes pour un NRO et la distance maximale NRO-NRA – sont utilisés lors de la phase de regroupement proprement dite, c'est-à-dire pour les étapes 4 à 6 du schéma ci-dessus.

Les principes de fonctionnement généraux de l'algorithme de regroupement, notamment la gestion du regroupement par files de priorité, ont été maintenus. Cependant, des corrections ont été apportées aux étapes 5 et 6, ces corrections sont détaillées ci-dessous.

#### i. Étape 1 : modélisation du réseau d'accès cuivre

L'algorithme procède toujours à une vérification de la distance (à vol d'oiseau) entre les PC et les NRA auxquels ils sont attachés. Ainsi, les PC pour lesquels cette distance est supérieure à 10 km sont exclus. Ceci supprime moins de 0,05 % des lignes.

## ii. Étapes 2 à 4 : création du graphe du réseau de collecte

Les étapes 2 à 4 sont inchangées sur le plan algorithmique. Nous précisons cependant ci-dessous certains points afin de faciliter la compréhension générale de l'algorithme de regroupement :

La création du graphe représentant le réseau de collecte se fait suivant un principe simple :

- tous les NRA de la zone sont ajoutés au graphe ;
- les liens connus du réseau de collecte sont ajoutés au graphe<sup>28</sup> ;
- pour chaque NRA de moins de 1 000 lignes et sans voisin dans le graphe de collecte à l'issue de cette étape, on crée pour chacun d'entre eux un lien avec le plus proche NRA à vol d'oiseau si la distance avec ce NRA est inférieure au seuil fixé par l'utilisateur (la distance maximale de regroupement par défaut est de 15 km).

## iii. Étapes 5 et 6 : regroupement le long du réseau

L'étape 5, correspondant à la création des trois files de priorité des NRA à regrouper, est inchangée. En revanche, l'étape 6, autrement dit le regroupement des NRA en tant que tel, a été modifiée afin de garantir que la distance maximale de regroupement fixée par l'utilisateur est respectée quelle que soit la structure des liens<sup>29</sup>.

Dorénavant, « regrouper » le NRA courant<sup>30</sup> consiste à :

- Trouver le NRA voisin le plus pertinent, qu'on désigne provisoirement comme son NRO, sous réserve que la longueur du lien<sup>31</sup> avec ce NRA voisin est telle que la distance entre ce NRA voisin et le NRA situé le plus « loin en aval » parmi les NRA déjà regroupés<sup>32</sup> par le NRA courant<sup>33</sup> est inférieure à la distance maximale de regroupement fixée par l'utilisateur.

Le NRA « regroupé » est alors supprimé du graphe et ses voisins autres que le NRO provisoirement choisi deviennent voisins du NRO ; la position de ses anciens voisins dans les files de priorité est également actualisée.

---

<sup>28</sup> Le fonctionnement de cette étape est inchangé. En revanche, le fichier source répertoriant l'ensemble des liens connus du réseau de collecte du réseau a été enrichi. Il inclut désormais l'ensemble des modes de collecte (optique, cuivre et faisceaux hertziens). Le périmètre et la méthode d'obtention de ce fichier sont détaillés en 4.2.

<sup>29</sup> Des regroupements successifs de plusieurs NRA à un voisin pouvaient dans certains cas conduire à une distance totale, entre un NRA « regroupé » et le NRA qui le regroupe finalement, supérieure à la distance maximale fixée.

<sup>30</sup> La description de ce point dans la documentation de la version 1.0 se trouvait au deuxième tiret du iii de la page 25 de la consultation publique.

<sup>31</sup> Cette longueur correspond, par défaut, à la longueur du lien entre les deux NRA renseignée dans le fichier répertoriant les liens de collecte ou, dans le cas où le NRA apparaissait isolé selon ce fichier, à la distance à vol d'oiseau entre le NRA et son plus proche voisin (à vol d'oiseau là-aussi), comme décrit à l'étape 4. En particulier, la note de bas de page n° 24, figurant p. 26 de la documentation de la version 1.0 ne traite que de ce second cas et non du comportement par défaut pour fixer la longueur d'un lien.

<sup>32</sup> Si le NRA courant n'a effectué aucun regroupement alors on vérifie simplement que la longueur du lien est inférieure à la distance maximale de regroupement fixée par l'utilisateur.

<sup>33</sup> Calculée comme la somme de la distance entre le NRA à regrouper et le NRO et du maximum de la distance entre NRA et les NRA les plus loin en aval de ce NRA.

#### iv. Étapes 7 à 9 : ajustement complémentaire et création des fichiers de sortie

Le principe de fonctionnement des étapes 7, 8 et 9 est inchangé<sup>34</sup>.

#### v. Sensibilités

Cet algorithme a essentiellement deux paramètres : le nombre minimal de lignes par NRO, fixé à 1 000, et la distance maximum de regroupement NRA-NRO. L'Autorité n'envisage pas de faire évoluer le premier (qui correspond à la réglementation) et a conservé la distance de 15 km pour le second. Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'algorithme en termes de nombre de NRO par zone pour différentes valeurs de ce plafond. On constate comme attendu que le nombre de NRO diminue au fur et à mesure de l'augmentation du plafond, et ce de plus en plus lentement.

Le plafond de 15 km combiné à la distance maximale des lignes cuivre (environ 10 km), donne une longueur maximale de ligne optique raisonnable. En sortie de l'algorithme, environ 2 % des lignes sont desservies par un NRO donnant accès à moins de 1 000 lignes en choisissant ce plafond.

Distance maximum NRA-NRO	Total France	ZTD	ZMD privée	ZMD publique
3 km	20 179	304	3 076	16 799
5 km	16 682	295	2 683	13 704
7,5 km	12 667	291	2 347	10 029
10 km	10 612	291	2 184	8 137
15 km	8 846	289	2 078	6 579
20 km	8 329	289	2 044	5 996
30 km	7 948	289	2 026	5 633

Tableau 2 - Nombre de NRO sur l'ensemble du territoire national<sup>35</sup> par zone de régulation en fonction de la distance maximum NRA-NRO retenue

**Question 4.** *Les principes de modélisation de la sélection des NRO vous paraissent-ils pertinents ? En particulier, en tenant compte le cas échéant du tableau de sensibilités présenté ci-dessus, quelle vous semble être la bonne valeur à retenir pour la distance maximale entre NRA regroupé et NRO utilisée dans cet algorithme ?*

#### b) Description technique

Le fonctionnement de l'algorithme de regroupement est globalement inchangé par rapport à la description présentée dans la documentation de la version 1.0.

Une modification a toutefois été effectuée à l'étape 6, afin de garantir que le regroupement des NRA en NRO n'aboutit pas à une distance totale entre les NRO et le NRA le plus en aval que chaque NRO a « regroupé » supérieure à la distance maximale de regroupement définie par l'utilisateur.

La classe NRA, outre les attributs qu'elle présentait déjà auparavant, possède un nouvel attribut `distancemaxNRAregroupes`, initialisé à 0 pour chaque nouvel objet NRA.

La structure globale de la méthode `regrouperNRANRO` est inchangée. La recherche du NRA voisin le plus pertinent pour un regroupement est ainsi identique. La méthode `regrouper` est toujours en charge, pour le NRA courant à regrouper, de la mise à jour de la liste des PC et de la déclaration

<sup>34</sup> Concernant l'étape 8 – l'écriture des fichiers de sortie – une nouvelle colonne (placée en dernière position) est ajoutée à chaque fichier de correspondance NRA-NRO : on écrit pour chaque NRO (et pour chaque NRA) la distance maximale de regroupement de ce NRO (ou du NRA qui a été finalement regroupé). Toutefois, cette donnée n'est pas utilisée par la suite dans la modélisation, elle présente simplement une vocation informative.

<sup>35</sup> Territoire national DROM compris (y compris Mayotte). Sur les 8 846 NRO, 8752 NRO sont en France métropolitaine

provisoire du NRA « regroupueur » en tant que NRO du NRA à regrouper (et des NRA qu'il avait déjà regroupés le cas échéant). En revanche, l'appel à la méthode `regrouper` pour le NRA courant dans la liste des NRA à regrouper et son voisin « candidat » pour le regroupement, a lieu si et seulement si la somme de l'attribut `distancemaxNRAregroupes` du NRA en cours de traitement et de la longueur du lien entre le NRA courant et son voisin « candidat » pour le regroupement est inférieure à la distance maximale de regroupement fixée par l'utilisateur.

Si le regroupement a lieu, la méthode `regrouper` effectue aussi, si nécessaire<sup>36</sup>, la mise à jour de l'attribut `distancemaxNRAregroupes` du NRA qui a « regroupé » le NRA courant dans la liste des NRA à regrouper.

### 3.3.6 Tracé du réseau : associer demande localisée et réseaux physiques

**Remarque** : dans cette section, certains passages du texte de la documentation de la version 1.0 ont été repris pour faciliter la lecture. À des fins de clarté, les éléments ajoutés ou modifiés à la version 1.2 sont signalés par la couleur **bleue** du texte.

#### a) Problématique et description fonctionnelle

Le but de cet algorithme est de construire, pour chaque NRO, un réseau « optimal » permettant de relier le NRO à la demande localisée, matérialisée par l'ensemble des PC desservis par les NRA regroupés par ce NRO, en passant par les réseaux d'infrastructures physiques disponibles, à savoir le réseau de génie civil d'Orange et le réseau routier.

Ceci donne naissance à plusieurs problématiques :

- comment associer ou relier les PC du réseau cuivre au réseau d'infrastructures physiques (le nœud du réseau le plus proche du PC n'est en effet pas celui qui conduit nécessairement à la distance NRO-PBO minimale) ?
- comment traiter de manière différenciée les types de réseau (génie civil en conduite, pleine terre, aérien, nouveau génie civil à construire le long des routes) ?
- qu'est-ce qu'un réseau « optimal » ?

#### i. Association de la demande locale et des réseaux physiques

Inchangé par rapport à la version 1.0.

#### ii. Traitement conjoint des différents types de réseau

Pour tenir compte de la possibilité de déployer dans le réseau de génie civil d'Orange, de la nécessité de reconstruire du génie civil lorsque celui-ci a été construit en pleine terre ou que les infrastructures souterraines et aériennes réutilisables sont endommagées, ainsi que de la possibilité d'utiliser des infrastructures tierces (poteaux Enedis, génie civil des collectivités, etc.) et d'en reconstruire le long des réseaux routiers, la modélisation *idéale* consisterait à regrouper tous les réseaux dans le même graphe en fusionnant les nœuds identiques (localisés au même endroit) et en pondérant les longueurs des arêtes par les coûts totaux d'utilisation au mètre linéaire (coût des études, coût de pose en fonction du type de génie civil, le cas échéant redevance récurrente ou achat d'un droit d'utilisation à long terme). Une telle modélisation serait alors capable de calculer de manière

---

<sup>36</sup> La mise à jour a lieu seulement dans le cas où le regroupement a conduit à une distance entre le NRA « regroupueur » et le NRA le plus en aval du NRA « regroupé » supérieure à la distance maximale précédente (entre le NRA « regroupueur » et le NRA le plus en aval parmi les NRA qu'il avait déjà regroupés auparavant).

endogène les taux optimaux d'utilisation de chaque type de génie civil et les coûts de reconstruction nécessaires.

Étant donné la difficulté d'obtenir des fichiers de forme cohérents au niveau national et des informations précises sur les coûts, et considérant aussi que la logique de réseau impose également de ne pas faire de détours rendant l'exploitation et le traitement de fautes absurdement complexes, une première approche simplifiée a consisté à utiliser uniquement le réseau de génie civil d'Orange et le réseau routier avec les poids **linéiques**<sup>37</sup> suivants :

- 1 pour le génie civil souterrain en conduite ;
- 1,5 pour le génie civil aérien ;
- 4 pour le génie civil souterrain en pleine terre et les réseaux routiers, pour lesquels il faut reconstruire une infrastructure.

Le traitement d'identification des nœuds, permettant d'intégrer ces deux types d'infrastructure dans un même graphe pondéré, nécessite d'être complété par l'ajout artificiel d'arêtes qui permettent de créer davantage de points de passage entre les réseaux routier et de génie civil en reliant leurs éléments proches. Il est, par ailleurs, également nécessaire de créer des arêtes pour forcer la connexité du graphe d'une ZANRO, afin d'assurer qu'il existe toujours un chemin sur le graphe pour relier chaque nœud au NRO. Ainsi, un certain nombre d'arêtes sont ajoutées par le modèle. Leur pondération est identique à celles du génie civil de pleine terre et des réseaux routiers car elle implique une construction d'infrastructure mais, dans la mesure où il est rarement possible, dans la réalité, de construire le génie civil en ligne droite, un coefficient est appliqué pour déduire une estimation de la longueur de ces arêtes de la distance à vol d'oiseau entre les deux nœuds qu'elles relient. La valeur proposée est la racine carrée de 2.

### iii. Réseau optimal

La caractérisation du réseau optimal au sens technico-économique est un problème théorique compliqué : en effet, le choix d'un tracé plutôt que d'un autre a des effets différenciés sur les coûts de fourniture des câbles, leurs coûts de pose, les coûts de boîtiers et d'épissures (en fonction du nombre d'intersections et de la capacité à utiliser les mêmes câbles sur une plus ou moins grande distance), les coûts d'exploitation le long de la vie du réseau, etc. En l'absence d'algorithme astucieux évident, on pourrait tester tous les tracés de réseau possibles et retenir celui optimisant les coûts, mais le temps de calcul serait très déraisonnable, d'autant plus qu'il faudrait l'effectuer à nouveau pour tout changement de paramètre.

Si l'on souhaite pour simplifier le problème optimiser « simplement » la longueur totale des réseaux de chaque NRO, il faut alors trouver l'arbre minimal couvrant le sous-ensemble de nœuds du réseau ayant une demande locale strictement positive ainsi que celui correspondant au NRO. Ce problème, connu en informatique comme le problème de l'arbre de Steiner dans un graphe, n'a pas de solution algorithmique connue en temps raisonnable<sup>38</sup>, même si des approximations existent. Considérant que les réseaux physiques de génie civil et routiers, par leur structure, constituent déjà une bonne approximation d'arbre couvrant minimal et dans un souci de cohérence avec le rattachement des PC au réseau, il a été choisi de retenir comme tracé NRO-PBO le plus court chemin calculé lors du rattachement du PC.

---

<sup>37</sup> Il s'agit seulement d'une précision par rapport à la documentation de la version 1.0 (les poids y étaient déjà linéiques).

<sup>38</sup> Ce problème d'optimisation fait partie de la catégorie des problèmes NP-difficiles ; en particulier, le problème de décision associé qui consiste à vérifier s'il existe un tel arbre minimal de poids total inférieur à un entier donné fait partie des 21 problèmes NP-complets de Karp (Richard M. Karp (1972). « Reducibility Among Combinatorial Problems »).

Néanmoins, depuis la version 1.2, une amélioration a été apportée pour réduire le linéaire d'infrastructure nécessaire : après l'ajout d'un PC, la pondération linéique des arêtes mobilisées pour son raccordement au NRO et correspondant à des portions d'infrastructure à reconstruire (génie civil de pleine terre ou bien route) est abaissée au niveau de celle du génie civil réutilisable. En effet, les portions concernées devront être mobilisées dans tous les cas, le coût incrémental de leur utilisation pour relier un PC supplémentaire n'est donc pas celui d'une nouvelle infrastructure à créer mais, au plus, celui d'une infrastructure existante. Cette modification favorise le déploiement « en bus », c'est-à-dire la desserte de davantage de locaux par un même câble.

Au vu de cette analyse, l'algorithme de tracé du réseau effectue les étapes décrites par le schéma ci-dessous :

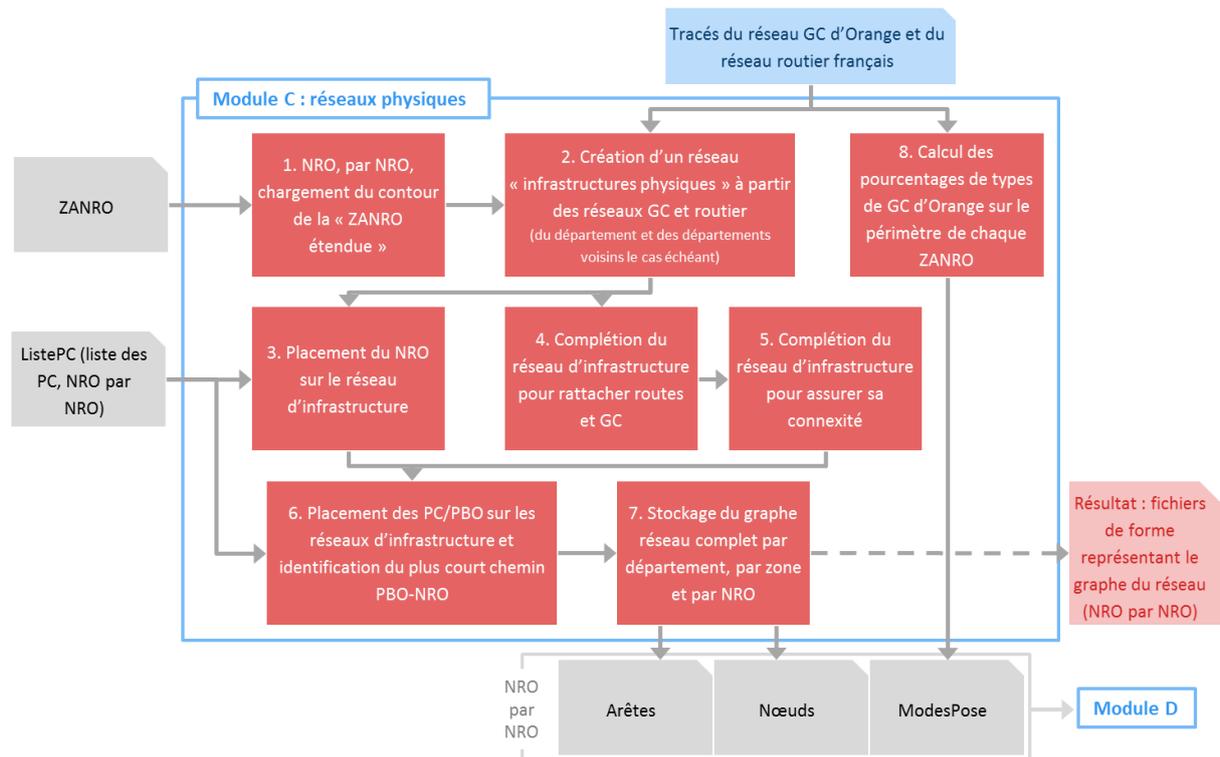


Figure 10 – Schéma du module C (tracé du réseau)

À l'étape 1, le chargement des réseaux inclus dans la ZANRO « étendue » (calculée à partir des fichiers de département augmentés d'une zone tampon de 5 km) permet de considérer seulement la partie pertinente des réseaux du département du NRO, ainsi que des départements voisins si la ZANRO est frontalière d'autres départements. L'étape 2 crée le graphe unique mentionné *supra*. À l'étape 3, le NRO est placé au point du réseau d'infrastructures physiques le plus proche du NRA dont il est issu. La version 1.2 voit l'ajout d'une étape 4 permettant de densifier le réseau en ajoutant artificiellement de nouvelles arêtes reliant les extrémités des routes au point de génie civil le plus proche. Même après ajout de ces arêtes, le réseau est rarement connexe au niveau d'une ZANRO, souvent du fait de petites coupures au sein des fichiers de forme : l'étape 5 ajoute les arêtes les plus petites possibles pour assurer la connexité du réseau, en partant de la composante connexe du NRO et en reliant le point le plus proche hors de celle-ci tant que le graphe représentant le réseau n'est pas connexe. L'étape 6 réalise le placement du PBO et le calcul du plus court chemin susmentionnés, tandis que l'étape 7 stocke le réseau ainsi tracé par département, par zone et par NRO (y compris, depuis la version 1.2 et optionnellement, sous forme de fichiers de forme). Enfin, l'étape 8 effectue le calcul des pourcentages de type de génie civil d'Orange nécessaires au « coloriage » ultérieur des arêtes du réseau.

L'interface permettant l'exécution de ces étapes est reproduite à la Figure 11.

The image shows a software interface for 'Module C : réseau physique'. It features two input fields for tolerance: 'Tolérance pour l'accrochage des noeuds du graphe : 3 mètres' and 'Tolérance de distance max. pour être raccordé au GC : 15 mètres'. Below these are four checkboxes: 'Utiliser le GC d'Orange', 'Charger les réseaux des départements limitrophes', 'Utiliser les routes', and 'Tracé shapefile du graphe représentant le réseau'. To the right, under 'Fichiers de sortie :', there are three radio button options: 'BLO-[GC-][routier-]XXkm/[dept]/[zone]/Arêtes', 'BLO-[GC-][routier-]XXkm/[dept]/[zone]/Noeuds', and 'BLO-[GC-][routier-]XXkm/[dept]/[zone]/ModesPose'. At the bottom, a button is labeled 'Module topo et sortie des fichiers intermédiaires "BLO"'. The interface has a light gray background.

Figure 11 - Interface utilisateur du module C (réseaux physiques)

**Question 5.** *Les principes de modélisation retenus pour le tracé du réseau vous paraissent-ils pertinents ? Sinon, quelles solutions alternatives proposez-vous ?*

b) Description technique

La méthode `ModuleTopo.traceReseau()` crée simplement un thread initialisant la liste des départements choisis, puis appelle la méthode `Shapefiles.preparerGraphes()`. Cette méthode, qui pilote les grandes étapes de l'algorithme, est structurée de la manière suivante :

- une boucle `for` par département contient une autre boucle `for` par zone (ZTD, ZMD-privée, ZMD-publique) pertinente pour chaque département ;
- à l'intérieur de cette boucle s'opère la lecture du fichier de forme décrivant toutes les ZANRO de ce couple (département, zone), en particulier sous la forme d'un objet de type `FeatureReader<SimpleFeatureType, SimpleFeature>` appelé `reader`. Chaque `feature` de ce `reader` correspond à une zone arrière de NRO ;
- pour chaque ZANRO sont exécutées les actions suivantes :
  - o lecture de l'objet géométrique à proprement parler (`Geometry`) ;
  - o création de l'objet de classe `Reseau` qui va servir à modéliser le réseau ;
  - o chargement des réseaux (de plusieurs types et de plusieurs départements le cas échéant) via la méthode `Shapefile.readShpReseau()` ;
  - o étape de test intermédiaire avec la méthode `Reseau.test()` ;
  - o appel de la méthode `Reseau.setCentre(coordonneesNRO)` pour placer le NRO sur le réseau ;
  - o depuis la version 1.2, appel de la méthode `Reseau.connecteRoutes()` pour ajouter des arêtes afin de densifier les liens entre les routes et le génie civil ;
  - o appel de la méthode `Reseau.forceConnexite()` pour assurer la connexité ;
  - o lecture des PC correspondant aux NRO (depuis le fichier intermédiaire produit lors du module B de regroupement des NRA en NRO) et ajout de ces PC un à un sur le réseau avec la méthode `Reseau.addPC()` ;
  - o appel de la méthode `Reseau.store(adresseDestination)` pour l'écriture des fichiers de sortie « Noeuds » et « Aretes » ;
  - o depuis la version 1.2, optionnellement, appel de la méthode `Reseau.printShapefiles()` pour l'écriture des fichiers de sortie « `graphe_shp` » (cf. 3.3.1c) ;
  - o enfin appel de `Shapefiles.computePourcentagesGC()` pour calculer et stocker les pourcentages correspondant dans un fichier « `ModesPose` ».

La gestion du réseau à proprement parler est effectuée dans la classe `Reseau` et dans les classes `Arete`, `NoeudAGarder` et `NoeudInterne` qu'elle utilise intensément. Les principes de modélisation importants sont les suivants :

- le modèle crée un graphe unique connexe rassemblant toutes les arêtes ;
- mais il possède plusieurs index de nœuds (en pratique des arbres de recherche à deux dimensions – ou *2-d trees* – permettant de trouver rapidement les nœuds les plus proches d'un couple de coordonnées) classés dans l'ordre de priorité suivant :
  - o les nœuds dont une arête est une arête de génie civil réutilisable du département ;
  - o les nœuds qui ne sont pas dans l'index précédent et dont au moins une arête est une arête de génie civil réutilisable d'un département voisin ;
  - o les nœuds qui ne sont pas dans les index précédents et dont au moins une arête est une arête du réseau routier du département ;
  - o les autres nœuds ;
- lors de la lecture d'une arête (méthode `Reseau.loadLineString()`), elle-même et ses extrémités si elles n'y sont pas déjà sont ajoutées au graphe, mais tous les points intermédiaires (modélisés par la classe `NoeudInterne`) de l'objet géométrique associé (de type `LineString`) sont ajoutés aux index pour plus de précision dans l'étape suivante. Depuis la version 1.2, si un point intermédiaire d'une arête lue se trouve au voisinage immédiat d'un `Node` (`NoeudAGarder` ou `NoeudInterne`) existant déjà dans les index, (i) un nouveau `NoeudAGarder` est créé à l'emplacement de ce point intermédiaire, (ii) l'arête croisée est découpée en deux arêtes, de part et d'autre de ce `NoeudAGarder` et (iii) l'arête en cours d'ajout est arrêtée au niveau de ce `NoeudAGarder`, les points suivants jusqu'à l'extrémité donnant lieu à un nouvel ajout d'arête (laquelle peut si nécessaire être de nouveau découpée selon le même processus) ;
- lors de l'ajout d'un PC au graphe (méthode `Reseau.addPC()`), on teste le point le plus proche des coordonnées du PC dans les différents index, on compare la longueur des chemins associés et on choisit le meilleur<sup>39</sup> ; si le point est un point intermédiaire d'arête on l'ajoute au graphe que l'on modifie en conséquence (il devient un `NoeudAGarder`) ;
- les calculs de plus court chemin dans le graphe se font par l'algorithme éponyme de Dijkstra, dans l'implémentation proposée par la classe `DijkstraShortestPath` de la bibliothèque `JGraphT` ;
- si le plus court chemin reliant un PC au NRO emprunte des arêtes dont le `modePose` correspond à un type de génie civil à reconstruire, leur pondération linéique est abaissée de 4 à 1 pour les recherches de plus court chemin ultérieures (en pratique, leur poids dans le graphe de toutes les arêtes déjà parcourues est modifié grâce à la méthode `setEdgeWeight()` de la classe `Pseudograph` dont le graphe du `Reseau` est une instance) ;
- les méthodes statiques de la classe `Reseau` seront utilisés par le module de déploiement pour lire les fichiers créés par les appels successifs à sa méthode dynamique `Reseau.store()`.

---

<sup>39</sup> Il existe des règles de préférence pour privilégier autant que faire se peut l'emploi du génie civil réutilisable, en particulier l'algorithme cherche d'abord à relier le PC au NRO *via* un éventuel point de GC qui serait à moins de trois mètres à vol d'oiseau de ce dernier.

## 3.4 Module de déploiement : calcul des unités d'œuvre

### 3.4.1 Description générale

#### a) But du module

Inchangé par rapport à la version 1.0.

#### b) Données d'entrée

La donnée d'entrée la plus importante du module de déploiement est constituée des fichiers intermédiaires générés par le module précédent. Ces fichiers intermédiaires ne sont pas communiqués : très détaillés, ils permettent de reconstituer des données d'entrée confidentielles ou commerciales.

Une deuxième entrée est un fichier appelé « immeubles.csv » donnant pour chaque NRA la distribution d'immeubles présents sur le périmètre de la zone arrière de NRA en fonction du nombre de logements de chacun d'entre eux. Ce fichier (non communiqué) a été produit hors modèle à partir de la base de données dite « Géolocaux » du CEREMA, dont l'utilisation est par défaut réservée à des missions de service public, et des nouveaux fichiers intermédiaires décrivant les formes des ZANRA produits par le modèle à partir des fichiers d'entrée actualisés décrivant le réseau cuivre d'Orange.

Enfin, ce module permet à l'utilisateur du modèle de faire un certain nombre de choix d'architecture de déploiement (exemple : taille des points de mutualisation) ou de caractéristiques techniques du réseau (exemple : calibre minimal des câbles pour le déploiement horizontal en amont des points de branchement optique). Ces choix seront détaillés au fur et à mesure qu'ils interviennent dans les différentes étapes.

#### c) Données de sortie

Inchangé par rapport à la version 1.0.

d) Fonctionnement schématique

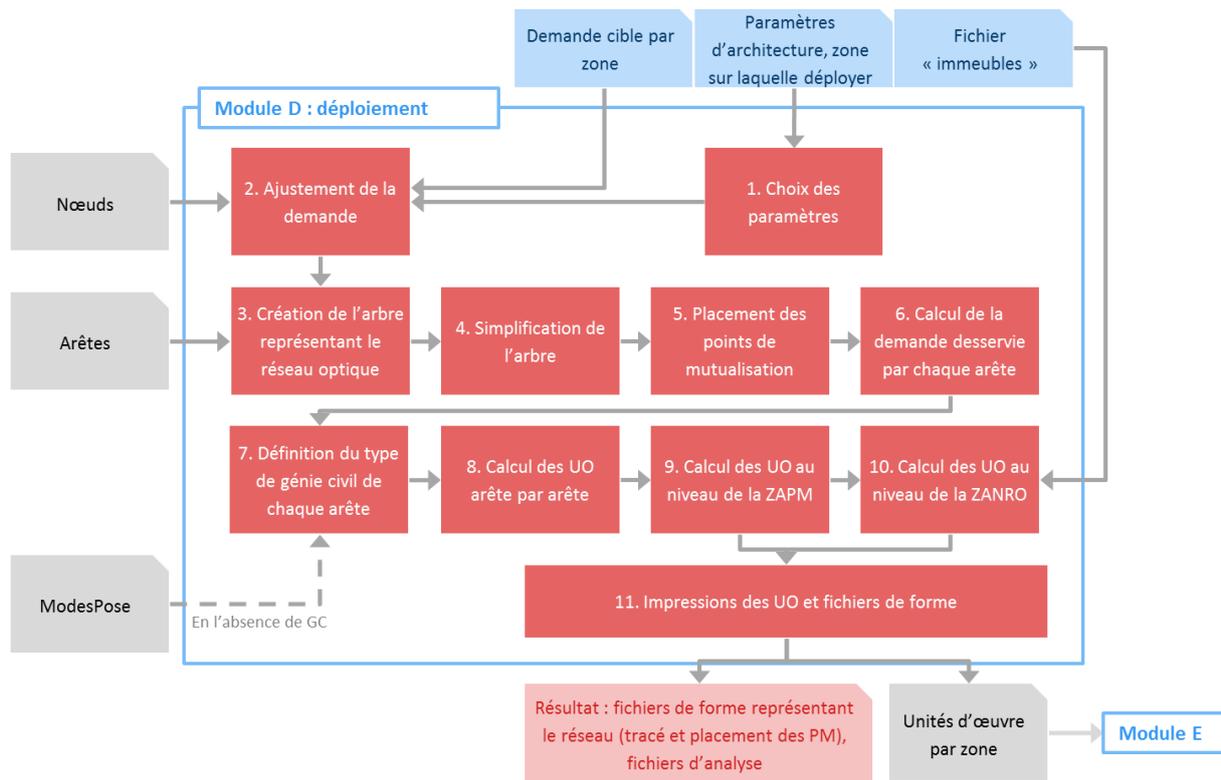


Figure 12 – Schéma du module D (déploiement)

e) Interface utilisateur

Pour lancer le module de déploiement, il faut choisir les valeurs souhaitées pour les paramètres disponibles dans l'onglet de la fenêtre d'interface ci-dessous. En cliquant sur le bouton « lancer la modélisation », une petite fenêtre apparaît pour permettre à l'utilisateur de choisir le jeu de fichiers intermédiaires « BLO » (c'est-à-dire le tracé) pour lequel il souhaite lancer le module de déploiement.

Ce module peut produire un certain nombre de fichiers de sortie plus ou moins détaillés, à des fins d'analyse et de tests. Dans la présente description ne seront présentées que les étapes de calcul nécessaires à la production du fichier d'unités d'œuvre agrégées par zone qui sert de fichier intermédiaire entre la partie du modèle en Java™ et le tableur des coûts.

**Placement des points de mutualisation (PM)**

Médiane     Moyenne maximale de la distance PM-PBO pour chaque ZAPM (en mètres)

Taille minimale des PM en ZMD

Taille minimale des PM en poches de basse densité de la ZTD

Taille minimale des PM extérieurs en poches de haute densité de la ZTD

Taille minimale des PM intérieurs :

**Amont des PM - transport optique**

Taux appliqué aux nombre de lignes pour le dimensionnement du transport optique

Nb min de fibres par PM300     Nb min de fibres par PM100

**Paramètres de calcul des unités d'oeuvre**

Taille max. des câbles en souterrain     Surcapacité en distribution     Part de GC pleine terre reconstruit en aérien   
 Taille max. des câbles en aérien     Surcapacité en transport     Distance max inter boitiers (m)   
 Taille min. des câbles en horizontal     Mark-up longueur de câbles     Nb max de lignes par PBO :

**Nb max de ligne par PM** En ZMD :  En ZTD\_BD :  En ZTD\_HD :  PMint en ZTD\_HD :

**Au NRO** Nb de fibres par tiroir :  Nb de tiroirs par RTO :  Surface dun RTO (m) :  Coefficient multiplicateur surface :

**Fichiers de sortie détaillés**

**Fichiers CSV :**     Unités d'oeuvre par PM     Coûts par NRO     Statistiques de longueurs

**Shapefiles :**     NRO     PM     PBO     Aretes

**Lancer la modélisation**

Figure 13 – Onglet d'interface pour le module de déploiement

Il est à noter que, dans l'utilisation nominale concernant les infrastructures utilisables pour le tracé du réseau, c'est-à-dire en rendant disponibles le génie civil d'Orange ainsi que le réseau routier, le paramètre « Part de GC pleine terre reconstruit en aérien » ne joue aucun rôle (il n'est utilisé qu'en cas de « coloriage »).

### 3.4.2 Fonctionnement technique global

Inchangé par rapport à la version 1.0.

### 3.4.3 Choix de la demande cible

#### a) Description fonctionnelle

Comme indiqué précédemment, le tracé du réseau se fait sur la base des réseaux physiques existants et de la demande localisée au niveau des PC du réseau cuivre d'Orange. En revanche, les réseaux d'accès de BLOM ayant vocation à desservir l'intégralité des zones où ils se déploient, il semble plus pertinent que la demande cible corresponde à l'ensemble des accès fixes.

Pour ce faire, l'Autorité a calculé une demande cible par zone, en s'appuyant sur le millésime 2016 de l'enquête « logements » de l'INSEE et le millésime 2015 du dispositif « Connaissance de l'appareil

productif », également publié par l'INSEE<sup>40</sup>. Cette méthode pourra être amenée à évoluer. L'incrément<sup>41</sup> entre le nombre de lignes principales du réseau cuivre d'Orange et cette demande est ensuite réparti par tirage au sort équiprobable entre tous les nœuds du réseau ayant au moins un accès en demande locale.

La demande retenue à ce stade, correspondant au nombre de total de locaux résidentiels et professionnels par zone, est la suivante :

Zone	Total France	ZTD	ZMD privée	ZMD publique
Demande cible	37,4 M	6,6 M	14,4 M	16,4 M

Tableau 3 - demande cible retenue sur le territoire national<sup>42</sup>

**Question 6.** *Estimez-vous que la demande cible doit prendre en compte l'intégralité des accès fixes (résidentiels, pro, entreprises) ? Quelle est selon vous la bonne manière de calculer cette demande cible par zone ? La modélisation de l'algorithme d'ajustement de la demande « réseau » à cette demande cible vous paraît-elle pertinente ? Sinon, quelle solution alternative proposez-vous ?*

#### b) Description technique

Les principes de fonctionnement de l'algorithme sont inchangés par rapport à la documentation de la version 1.0. Cependant, afin de permettre un fonctionnement totalement déterministe du modèle dans certains cas, il est désormais possible de fixer la « graine aléatoire »<sup>43</sup> du générateur de nombre pseudo-aléatoires utilisé par le modèle.

Ainsi, l'utilisateur renseigne un nombre entier pour la variable « `seed` » dans le fichier d'initialisation décrit en section 3.2.3. Par défaut ou si le paramètre est fixé à 0, la graine aléatoire change à chaque relance du modèle (fonctionnement de la version 1.0).

En pratique, le modèle crée dans la classe `Main` un objet de la classe `Random`<sup>44</sup>, qui est un générateur de nombres pseudo-aléatoires, et lui donne pour graine aléatoire le nombre entier renseigné (si ce nombre est strictement positif). Chaque tirage au sort qui était effectué dans la version 1.0<sup>45</sup> est remplacé en pratique par un tirage à l'aide de l'instance ainsi initialisée. Si l'utilisateur fixe et conserve la même graine aléatoire, la séquence de ces « tirages au sort » sera rigoureusement identique à chaque exécution du modèle, ce qui facilite la comparaison des résultats.

### 3.4.4 Placement des PM

#### a) Description fonctionnelle

Les principes qui présidaient au placement des PM dans la version 1.0 restent valables mais, à la demande de certains acteurs suite à la consultation publique d'avril 2017, la contrainte de distance à

<sup>40</sup> Les données publiées utilisées ainsi que la documentation associée à l'enquête « Logements » et au dispositif « Connaissance de l'appareil productif » sont détaillées en section 4.4.

<sup>41</sup> Si la demande cible sur une zone est inférieure au nombre de lignes principales sur cette même zone alors le surplus de demande est retiré par tirage au sort équiprobable entre tous les nœuds du réseau ayant au moins un accès en demande locale.

<sup>42</sup> Ces montants n'incluent pas les données de Mayotte. En effet, les données pour ce département ne figurent pas dans l'enquête « Logements » ni dans le dispositif « Connaissance locale de l'appareil productif » publiés par l'INSEE.

<sup>43</sup> « *Random seed* » en anglais.

<sup>44</sup> La documentation de cette librairie standard de Java est accessible en ligne : <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Random.html>

<sup>45</sup> Ces « tirages » étaient effectuées en pratique par un appel à la méthode standard `Math.random()`.

respecter porte, à partir de la version 1.1, sur la moyenne des distances PM-PBO, plutôt que sur la médiane. La valeur maximale de 5 000 mètres est, en revanche conservée.

**Question 7.** *Ce principe de modélisation du placement des PM vous paraît-il pertinent ? Quelle valeur retiendriez-vous pour le plafond imposé à la moyenne des distances PM-PBO au niveau de chaque PM ? Les contributeurs sont invités à répondre en précisant les nombres de PM par NRO et les nombres de lignes par PM qu'ils jugent pertinents.*

b) Description technique

Après avoir créé sa BLO et appelé sa méthode `BLO.simplification()`<sup>46</sup>, `Deployment` appelle la méthode `posePM()` qui place les PM extérieurs et liste les PM intérieurs.

La méthode `BLO.posePM()` appelle, sur son arête « racine » (`root`), la méthode récursive `AreteBLOM.posePMExtMoyenne(zone, seuilDistance, seuilLignes)`. Dans le cas des zones très denses il y a un appel pour la ZTD-PHD et un appel pour la ZTD-BD. C'est cette méthode de la classe `AreteBLOM` qui définit l'algorithme de manière détaillée. Elle agit sur le champ technique `longueurMoyenne` des nœuds `n` (classe `Noeud`) des arêtes, ainsi que sur ceux qui déterminent le résultat de la méthode `Noeud.taillePM(zone)`.

La méthode `demandeLocaleExt(zone)` de la classe `Noeud` est bien définie de sorte à exclure les lignes desservies par des nœuds qui correspondront aux PM intérieurs.

De même la méthode `posePM()` de `BLO` appelle la méthode récursive `listingPMint()` d'`AreteBLOM` qui se base sur la méthode `isPMint()` des nœuds (l'information est contenue dans chaque objet de classe `Noeud` depuis sa création, c'est pourquoi il s'agit simplement de les lister).

### 3.4.5 Calcul des unités d'œuvre

a) Description fonctionnelle

La description fonctionnelle générale est inchangée par rapport à la version 1.0.

**i. Calcul du nombre de fibres en distribution et transport**

Ce calcul correspond à la description qui en est faite dans la documentation de la version 1.0. Les paramètres, en particulier, sont conservés :

- taux appliqué au nombre de lignes pour le dimensionnement du transport optique : 10 %
- nombre minimal de fibres de transport pour desservir :
  - o un PM 100 : 10,
  - o un PM 300 : 36.

**Question 8.** *Le calcul du nombre de fibres optiques portées en distribution et en transport par arête vous paraît-il pertinent ? Quelles valeurs retiendriez-vous pour les paramètres utilisés ?*

**ii. Définition du type de génie civil**

Dans les versions précédentes du modèle, l'étape de définition du génie civil consistait à « colorier » les arêtes en leur attribuant un type permettant de répliquer la distribution des modes de pose du

---

<sup>46</sup> Cette méthode vise uniquement à simplifier l'arbre en supprimant les nœuds qui auraient uniquement une arête aval et pas de demande locale et en fusionnant l'arête aval et l'arête amont.

génie civil d'Orange observée localement (à l'échelle de la ZANRO). Dans la mesure où il est désormais possible d'utiliser ce génie civil conjointement aux routes, pour servir de support au tracé du réseau, ce coloriage n'est, dans ce cas, plus pertinent.

Dans le cas où l'utilisateur choisit de ne pas rendre disponible le génie civil d'Orange pour le tracé du réseau FttH, l'algorithme de coloriage est utilisé à l'identique de la version 1.0 pour attribuer un type à chaque arête. Le lecteur est donc invité à se reporter à la partie 3.4.5.a) ii. de la documentation de la version 1.0.

Dans le cas où l'utilisateur choisit de rendre disponible le génie civil d'Orange pour le tracé du réseau FttH, deux cas se présentent quant à la nature des arêtes. On distingue ainsi :

- les arêtes existantes qu'il n'est pas nécessaire de reconstruire, issues du génie civil aérien ou souterrain existant ;
- les arêtes à reconstruire ou à construire, correspondant, respectivement :
  - o au génie civil de pleine terre existant, qui n'est, par définition pas réutilisable pour le déploiement des boucles locales optiques,
  - o et à l'utilisation, par le modèle, du réseau routier ou bien des arêtes complémentaires ajoutées pour compléter l'infrastructure mobilisable.

Dans le cas des arêtes existantes non reconstruites, le mode de pose attribué en sortie distingue les deux types suivants :

- génie civil aérien (modes de pose Orange 0, 1 et 2) ;
- génie civil en conduite (modes de pose Orange 3 et 5 à 10).

Pour les arêtes reconstruites, la règle suivante est appliquée :

- toutes les arêtes accueillant des fibres de transport sont reconstruites en souterrain ;
- toutes les arêtes accueillant uniquement des fibres de distribution sont reconstruites en aérien.

Le taux de reconstruction en aérien paramétrable dans le modèle n'est donc pas utilisé (dans le fonctionnement nominal ; il est cependant utilisé pour le « coloriage » si l'utilisateur choisit de ne déployer que suivant les routes).

Le pourcentage de construction (routes, arêtes créés par le modèle) ou de reconstruction (génie civil de pleine terre) en aérien (et, par différence, le pourcentage de construction et de reconstruction en conduite) est un paramètre du modèle sur lequel l'Autorité invite les acteurs à se prononcer en distinguant, au besoin, le cas des arêtes accueillant des fibres de transport et celui des arêtes n'accueillant que des fibres de distribution.

Concernant le pourcentage de génie civil en conduite et aérien qu'il convient de reconstruire (sans en changer le type, mais du fait que certaines infrastructures sont trop endommagées pour permettre leur utilisation), les paramètres retenus à titre provisoire par l'Autorité lors de la consultation publique d'avril 2017 étaient respectivement 1 % et 6 %. Dans la version 1.1, utilisée pour l'encadrement tarifaire du dégroupage sur la période 2018 – 2020, la valeur de 0 % a été retenue pour chacun de ces deux paramètres pour éviter tout double compte : le raisonnement a été fait que les reconstructions de ce type nécessaires, qu'elles soient réalisées par Orange ou bien par l'opérateur déployeur puis remboursées par Orange en application du projet de décision d'analyse

du marché 3a<sup>47</sup>, étaient à la charge d'Orange puis répercutées à l'opérateur déployeur par le tarif du génie civil d'Orange. Il est ici proposé de conserver les paramètres de la version 1.1. En contrepartie, le réseau modélisé paie l'intégralité des coûts de génie civil de boucle locale d'Orange (cf. section 3.5.2).

**Question 9.** *Les principes de définition des types de génie civil utilisés vous paraissent-ils pertinents ? Quelles valeurs des paramètres de reconstruction utilisés l'Autorité devrait-elle selon vous employer ? Appliquez-vous des règles systématiques déterminant le type de génie civil utilisé lors d'une reconstruction, qui pourraient être utilisées dans une telle modélisation (par exemple, existe-t-il un nombre de lignes à partir duquel la reconstruction devrait systématiquement être effectuée en souterrain, ou encore, le transport est-il systématiquement reconstruit en souterrain) ?*

### iii. Calibres, longueurs et volumes des câbles

Les principes de modélisation sont identiques à ceux décrits dans la documentation de la version 1.0, néanmoins les paramètres suivants sont modifiés pour tenir compte des valeurs indiquées par les opérateurs qui déploient des infrastructures FttH<sup>48</sup> :

- calibre minimal des câbles utilisés sur le réseau : 12 fibres ;
- calibre maximal utilisé en aérien : 288 fibres ;
- majoration du coût de fourniture pour les câbles en module 6 (câbles jusqu'à 48 fibres utilisés en distribution) : 20 % ;
- majoration permettant de passer du nombre de lignes en demande réelle au nombre de fibres portées par chaque arête : 15 %<sup>49</sup>.

Il est proposé de conserver les valeurs du calibre maximal utilisé en souterrain (720 fibres) et la majoration pour passer de la longueur des arêtes de génie civil à celle des câbles qui y sont déployés (10 %).

**Question 10.** *Les principes de modélisation des câbles vous paraissent-ils pertinents ? Quelles valeurs l'Autorité devrait-elle selon vous utiliser pour les différents paramètres mentionnés ? Concernant plus spécifiquement la taille maximale des câbles aériens : quel choix d'architecture est fait lorsque le nombre de lignes desservies dépasse le plafond (plusieurs câbles, autres ...) ?*

### iv. Calculs effectués au niveau de la zone arrière de PM

Ces calculs correspondent à la description qui en est faite dans la documentation de la version 1.0. Les paramètres, en particulier, sont conservés :

- maximum de 400 lignes pour une armoire de PM300 ;
- maximum de 120 lignes pour une armoire de PM100 ;
- maximum de 8 lignes en demande réelle par PBO ;

---

<sup>47</sup> Désormais décision n° 2017-1347 du 14 décembre 2017, cf. section « Rénovation du génie civil éventuellement indisponible lors d'une demande d'accès en vue de déployer une boucle locale optique ». Elle prévoit qu'Orange finance les opérations de réparation de son génie civil même effectuées par des opérateurs tiers et les intègre à son patrimoine

<sup>48</sup> Cf. échanges mentionnés en section 1.3

<sup>49</sup> Cette valeur s'appuie également sur la recommandation du comité d'experts pour la boucle locale en fibre optique, dans le Recueil de spécifications fonctionnelles et techniques sur les réseaux en fibre optique jusqu'à l'abonné en dehors des zones très denses (p. 23) : « le dimensionnement de la desserte optique (...) prévoit une surcapacité d'au moins 15% présente (fibres distribuées) dans les câbles de desserte optique » ([https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1582218129/reprise/dossiers/fibre/CE-recueil-specification-ZMD\\_V7.pdf](https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1582218129/reprise/dossiers/fibre/CE-recueil-specification-ZMD_V7.pdf))

- distance maximale inter-boîtiers de 1 000 m.

**Question 11.** *Avez-vous des commentaires sur les principes de modélisation présentés ? En particulier, les valeurs des paramètres vous semblent-elles pertinentes (nombre de lignes maximum par armoire de PM, nombre de boîtiers par PBO, distance inter-boîtiers) ?*

#### v. Calculs effectués au niveau de la zone arrière de NRO

La modélisation correspond à la description qui en est faite dans la documentation de la version 1.0. Pour tenir compte des retours des acteurs à la consultation sur la version 1.0 du modèle, certains paramètres avaient été ajustés dans la version 1.1 ; il est proposé de conserver les valeurs ainsi modifiées :

- surface d'un RTO : 0,56 m<sup>2</sup> ;
- coefficient multiplicatif pour tenir compte de l'espace de circulation autour des RTO : 3.

Concernant les unités d'œuvre liées au déploiement vertical, la liste des changements de la version 1.1 mentionne que, depuis cette version du modèle, les montants absolus du fichier « immeubles.csv » sont traités de manière relative pour assurer une cohérence avec la demande cible. Ce fonctionnement a été maintenu.

Il est pour le reste proposé de conserver les valeurs des paramètres identiques à celles indiquées dans la documentation de la version 1.0 :

- taille maximale des boîtiers des PM intérieurs : 24 fibres ;
- dimensionnement des tiroirs optiques : un tiroir optique pour 144 fibres ;
- dimensionnement des RTO : un RTO pour 8 tiroirs optiques.

**Question 12.** *Avez-vous des commentaires sur la modélisation proposée ainsi que sur son périmètre ? Les valeurs des paramètres vous semblent-elles pertinentes (nombre de fibres par tiroir optique, nombre de tiroirs optiques par RTO, surface d'un RTO, facteur multiplicatif) ?*

#### vi. Coupleurs

Il est rappelé que les coûts supportés par les opérateurs commerciaux, comme par exemple les coûts d'installation des OLT<sup>50</sup> et des baies actives opérateur qui les accueillent, ne rentrent pas dans le cadre de la modélisation.

Une exception existe néanmoins pour les coupleurs, qui sont généralement posés par les opérateurs commerciaux et non par l'opérateur d'infrastructure déployant le réseau. À ce titre, ils avaient été écartés de la modélisation dans la version 1.0. Pour tenir compte des réponses des acteurs à la consultation publique portant sur cette première version, la version 1.1 avaient cependant intégré les coupleurs optiques, dans le souci de produire un résultat comparable dans son périmètre aux coûts du dégroupage total. La modélisation inclut désormais des coupleurs 1:32 dans les PM extérieurs, 1:8 dans les PM intérieurs et 2:2 au NRO. Le double du nombre de coupleurs strictement nécessaire pour raccorder l'ensemble des lignes est installé dans les PM de manière à tenir compte de l'existence de plusieurs opérateurs commerciaux, par cohérence avec le dimensionnement des câbles de transport optique.

---

<sup>50</sup> *Optical Line Terminal*

Les coupleurs sont rangés dans des tiroirs de coupleurs ; dans les NRO, un coupleur 2:2 permet de desservir deux fibres en entrée du NRO, et 1 tiroir de 36 coupleurs occupe autant d'espace qu'un tiroir optique sur un RTO.

**Question 13.** Avez-vous des commentaires sur la modélisation proposée concernant les coupleurs ? Les valeurs des paramètres vous semblent-elles pertinentes (types de coupleurs installés, surdimensionnement dû à la présence de plusieurs OC) ?

b) Description technique

Les calculs décrits aux i, ii, et iii de la présente section s'effectuent de la manière décrite en appelant les méthodes `calculerDemandeArêtes()`, `setModesPose()` et `calculerAutresUOArêtes()` de la classe `BLO`. Ces méthodes appellent à leur tour les méthodes récursives `calculerDemande()`, `setModesPose()` et `calculerAutreUO()` de l'ArêteBLOM racine.

La méthode `ArêteBLOM.setModesPose()`<sup>51</sup> utilise l'attribut `Arête.modePose`, renseigné lors du chargement et du tracé du réseau, décrit à la section 3.3.6 et lui fait correspondre une valeur de l'attribut `ArêteBLOM.modePoseSortie` ainsi que décrit dans le tableau suivant.

Tableau 4 – Attribution du type de génie civil des arêtes en sortie du modèle

Nature de l'infrastructure d'entrée	Valeur de <code>Arête.ModePose</code>	Mode de pose / type de génie civil en sortie du modèle
Génie civil aérien	0, 1 ou 2	0 : génie civil aérien existant
Génie civil souterrain hors pleine terre	3 et 5 à 10	2 : génie civil souterrain existant
Génie civil en pleine terre	4	Suivant que l'ArêteBLOM accueille des fibres de transport : - 3 : génie civil de pleine terre reconstruit en souterrain le cas échéant ; - 1 : génie civil de pleine terre reconstruit en aérien sinon.
Routes	11 (attribué par le modèle)	
Arêtes construites par le modèle : <code>Reseau.forceConnexite()</code>	12 (attribué par le modèle)	
Arêtes construites par le modèle : <code>Reseau.addPC()</code>	13 (attribué par le modèle)	
Arêtes construites par le modèle : <code>Reseau.connecteRoutes()</code>	14 (attribué par le modèle)	

La méthode d'agrégation des unités d'œuvre par arêtes en unités d'œuvre par zone arrière de PM (voir paragraphe iv *supra*) est inchangée par rapport à la description qui en est faite dans la documentation de la version 1.0, mais elle est reprise ici par souci de clarté. Le but intermédiaire est de créer un objet de type `ZAPM` par PM extérieur, qui contiendra (entre autres) une instance de la classe `UO` contenant les unités d'œuvre recherchées. La méthode `BLO.calculerResultatsParPM()` appelle ainsi la fonction récursive `ArêteBLOM.agregerResultats()` sur l'arête racine du réseau. Cette dernière renvoie la liste des zones arrière de PM produites. À cette fin, elle crée un nouvel objet `ZAPM` dès qu'elle rencontre un nœud PM extérieur puis appelle la méthode récursive `ArêteBLOM.calculerZAPM()` qui parcourt le sous-arbre correspondant en ajoutant progressivement les arêtes parcourues et leurs unités d'œuvre à la `ZAPM`. La méthode `calculerZAPM()` s'arrête dès

<sup>51</sup> Il faut noter que cette méthode est également disponible sous sa version décrite dans la documentation de la version 1.0, c'est-à-dire fonctionnant en « coloriage » des arêtes d'après les proportions des différents types de génie civil dans la ZANRO. Néanmoins il ne s'agit plus du fonctionnement nominal, ce dernier utilisant le déploiement directement dans le génie civil d'Orange et les correspondances décrites ici.

qu'elle rencontre les frontières de la ZAPM, matérialisée par une feuille de l'arbre ou un nouveau nœud PM.

Le calcul du nombre de coupleurs et de tiroirs de coupleurs (paragraphe vi *supra*) est effectué, selon la maille de calcul, par les méthodes de la classe UO : `setLignesEtPM()`, `setPMint()` et `setNRO()`. La méthode `setLignesEtPM()` est appelée par le constructeur de l'objet ZAPM lors de l'instanciation d'un tel objet par la méthode `AreteBLOM.agregeResultats()` décrite au paragraphe précédent. Les méthodes `setPMint()` et `setNRO()` sont appelées ensuite par la méthode `blo.computeAndGetUo()`.

### 3.5 Module de coûts

Une fois les unités d'œuvre calculées par le module de déploiement, c'est le module des coûts (un tableur Excel) qui calcule les coûts de patrimoine (égaux aux annuités de CAPEX<sup>52</sup>), les coûts d'exploitation (OPEX<sup>53</sup>) et les coûts communs, selon le schéma suivant :

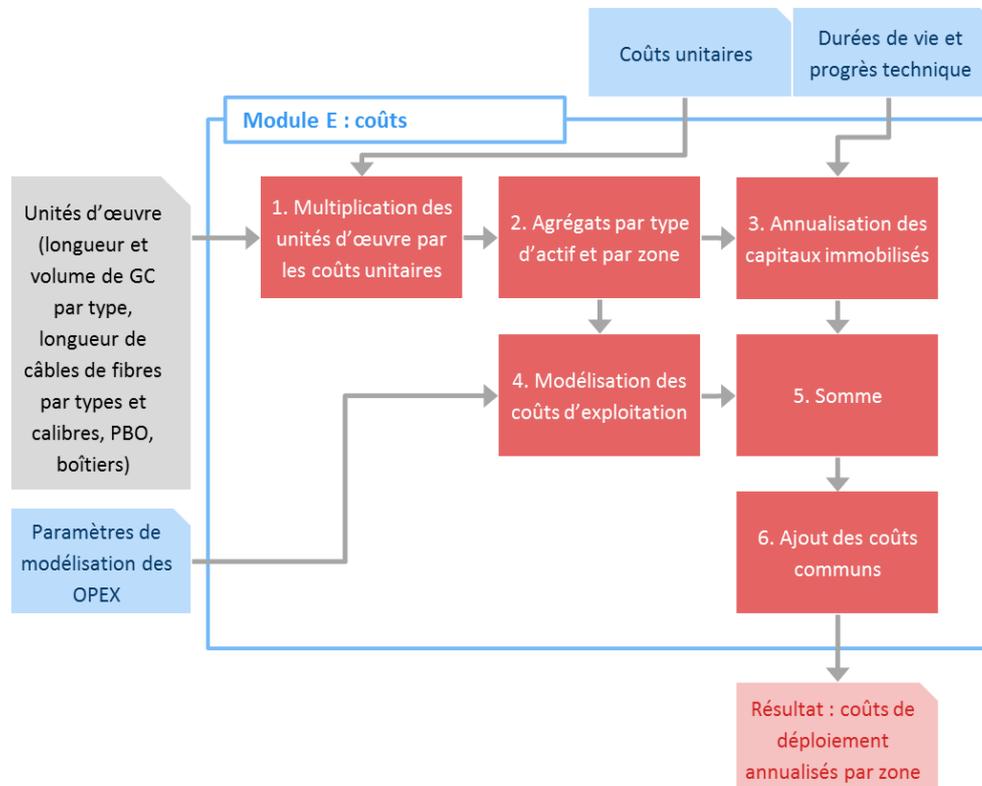


Figure 14 – Schéma du module E (calcul des coûts)

Le fonctionnement du module de coûts est inchangé : l'utilisateur copie le fichier de sortie des modules en Java™ « UONatCouts\*.csv » dans l'onglet « Unités d'œuvre » du fichier Excel « ARCEP\_modèle réseau BLOM tarification dégroupage - module de coûts.xlsx ». Les annuités unitaires sont alors disponibles dans l'onglet « CAPEX annualisés », et les coûts d'exploitation dans l'onglet « OPEX ». La somme, incluant les coûts communs, est disponible dans

<sup>52</sup> *Capital Expenditure* : montants d'investissement

<sup>53</sup> *Operational Expenditure* : coûts d'exploitation

l'onglet « Coût unitaire total », qui trace également l'évolution du coût en euros constants et en euros courants.

Le fonctionnement détaillé du module de coûts est détaillé dans la section 3.5 de la documentation de la version 1.0 et est inchangé dans ces principes. Des modifications avaient toutefois été apportées à certains paramètres dans la version 1.1. Par ailleurs, comme indiqué en section 1.3, les principaux opérateurs déployant des réseaux FttH ont été interrogés en décembre 2019, en préparation de la présente consultation publique, sur l'ensemble des paramètres du module de coûts et en particulier sur les références de coûts nécessitant selon eux une mise à jour. Sont ainsi présentés ci-dessous les changements apportés aux différents paramètres du module de coûts, classés par onglet de ce module pour des raisons de lisibilité.

### 3.5.1 Les coûts unitaires des équipements

La section correspondante de la documentation de la version 1.0 est la section 3.5.1 b).

Suite aux précisions apportées par des opérateurs dans le cadre des questions précitées (dans la suite « consultation privée »), les références de coûts ont évolué concernant la pose des câbles souterrains, qui s'établit désormais à 1,07 €/m et la fourniture des câbles souterrains, notamment pour les calibres de 24 fibres ou davantage.

Les références de coûts concernant les câbles aériens ont aussi été amenées à évoluer. Quant à la pose des câbles, l'évolution concerne l'ensemble des calibres tandis que pour la fourniture, la référence de coûts a évolué notamment pour les câbles de 96 fibres et au-delà.

Le coefficient de passage des coûts de fourniture des câbles de module 12 aux câbles de module 6 a été augmenté de 1,10 à 1,20.

S'agissant des coûts<sup>54</sup> des boîtiers d'épissurage aériens et souterrains, les opérateurs interrogés ayant transmis des valeurs avec de fortes différences situées de part et d'autre des valeurs retenues lors de la publication de la version 1.1, les références de coûts pour ces actifs ont donc été conservées.

S'agissant des coûts de câblage des immeubles collectifs, la référence du coût par logement retenue est désormais de 50 €.

S'agissant des coûts de reconstruction du génie civil, les références de coûts ont évolué pour les coûts de reconstruction de poteaux ainsi que pour les coûts des études par poteau et par fourreau<sup>55</sup>. La référence de coûts de reconstruction du génie civil aérien s'établit désormais à 9,20 €/m.

S'agissant des coûts des points de mutualisation, les réponses des acteurs à la consultation privée ont suggéré que la référence de coûts pour la réalisation d'un PM 300 était surestimée ; la référence de coûts retenue est désormais de 8 000 €.

S'agissant des coûts des coupleurs optiques, les réponses des acteurs à la consultation privée divergeaient fortement. Toutefois, la référence de coûts pour les coupleurs 1:32 semblait sous-estimée, la valeur retenue est désormais de 50 € par coupleur 1:32

La liste des changements de la version 1.1 mentionnait une évolution de la modélisation des coûts d'étude par rapport à la version 1.0, où ils étaient modélisés en tant que coûts d'exploitation. Les

---

<sup>54</sup> Le périmètre des coûts intègre la fourniture, la pose et la préparation des câbles.

<sup>55</sup> La référence de coûts pour les accès aux fourreaux de GC d'Orange avait déjà évolué entre la version 1.0 et la version 1.1.

coûts de conception et de planification sont depuis la version 1.1 modélisés en tant que coûts d'investissement, d'une valeur de 10 % du montant des investissements dans le réseau horizontal, annualisé sur 100 ans avec un taux de progrès technique nul. Il est proposé de maintenir cette modélisation des coûts d'étude ainsi que ses paramètres.

**Question 14.** *Quelles sont vos observations sur les valeurs de coûts unitaires des types d'actifs retenues dans l'onglet « Coûts unitaires » du module Excel ?*

**Les acteurs sont invités à apporter leur réponse sur chacun des paramètres, en priorité dans l'onglet « CAPEX » du formulaire de réponse « Questionnaire paramètres module de coûts modèle BLOM avril 2020 » joint à la consultation. Pour permettre la meilleure prise en compte possible de l'avis des différents acteurs, il leur est demandé donner leur opinion dans la mesure du possible sur chacun des paramètres, même si elle est plus précise sur certains que sur d'autres, en précisant si nécessaire le niveau de précision de leur réponse.**

### 3.5.2 Paramètres économiques et financiers

S'agissant des durées de vie réelles des actifs<sup>56</sup> et des taux de progrès technique, les paramètres retenus lors de la version 1.1 ont été conservés.

**Question 15.** *Quelles sont vos observations sur les valeurs de progrès technique et de durée de vie retenues dans l'onglet « Paramètres eco-fin » du module Excel pour chacune des catégories d'actifs ?*

**Les acteurs sont invités à apporter leur réponse sur chacun des paramètres, en priorité dans l'onglet « EcoFin » du formulaire de réponse « Questionnaire paramètres module de coûts modèle BLOM avril 2020 » joint à la consultation. Pour permettre la meilleure prise en compte possible de l'avis des différents acteurs, il leur est demandé donner leur opinion dans la mesure du possible sur chacun des paramètres, même si elle est plus précise sur certains que sur d'autres, en précisant si nécessaire le niveau de précision de leur réponse.**

### 3.5.3 Les coûts d'exploitation

La section correspondante dans la documentation de la version 1.0 est la section 3.5.2.

S'agissant du coût horaire du travail technicien, la référence de coûts, passée de 40 € par heure dans la version 1.0 à 47 € dans la version 1.1, a été portée à 50 € par heure au vu des réponses apportées à la consultation privée.

S'agissant du taux de fautes par ligne sur le réseau cuivre, les paramètres (taux de faute du réseau de cuivre de 12 % par ligne et ratio de taux de fautes fibre/cuivre de 50 %) ont été conservés.

S'agissant du temps d'intervention par faute, la référence retenue s'établit désormais à 3 heures et non plus 4 heures au vu des réponses apportées à la consultation privée.

S'agissant des coûts totaux des systèmes d'information et des coûts unitaires de commercialisation, les références de coûts semblaient sous-estimées au vu des réponses à la consultation privée et les références de coûts pour ces deux postes ont donc été modifiées.

---

<sup>56</sup> Cf. la documentation de la version 1.0 et en particulier au 3.5.2 b) pour une définition plus précise de cette notion : il est rappelé que la durée retenue est la durée moyenne réelle escomptée des actifs et non la durée de vie théorique des actifs, en cohérence avec le fait que les coûts d'exploitation modélisés n'incluent pas les coûts de remplacement des actifs défectueux.

Comme indiqué à la section 3.5.1, les coûts de conception et de planification sont depuis la version 1.1 modélisés en tant que coûts de patrimoine. Les paramètres de cette modélisation sont donc détaillés en section 3.5.1.

**Question 16.** *Les catégories de coût d'exploitation exposées dans la consultation publique du 7 avril au 19 mai 2017 ou les modifications qui y sont apportées dans le présent document vous paraissent-elles pertinentes ? Le cas échéant, quelles catégories alternatives proposez-vous, et dans ce cas, comment les modélisez-vous ?*

**Question 17.** *Les principes de modélisation des coûts d'exploitation exposés dans la consultation publique d'avril 2017 ou les modifications présentées dans la présente consultation publique vous paraissent-ils pertinents ? En particulier,*

**Question 18.** *le choix de prendre en compte les coûts de remplacement des actifs défectueux dans les coûts de patrimoine et non dans les coûts d'exploitation (voir la section soulignée en 3.5.2.b de la consultation publique du 7 avril au 19 mai 2017) vous paraît-il pertinent ? Si non, quelle modélisation (principes et paramètres) êtes-vous en mesure de proposer pour calculer ces coûts d'exploitation ?*

**Question 19.** *Quelles sont vos observations sur les différents paramètres retenus pour la modélisation des coûts d'exploitation dans l'onglet « Paramètres opex » du module Excel ?*

**Les acteurs sont invités à apporter leur réponse sur chacun des paramètres, en priorité dans l'onglet « OPEX » du formulaire de réponse « Questionnaire paramètres module de coûts modèle BLOM avril 2020 » joint à la consultation. Pour permettre la meilleure prise en compte possible de l'avis des différents acteurs, il leur est demandé donner leur opinion dans la mesure du possible sur chacun des paramètres, même si elle est plus précise sur certains que sur d'autres, en précisant si nécessaire le niveau de précision de leur réponse. Enfin, pour les paramètres pour lesquels une telle différenciation leur semble pertinente, les acteurs sont invités à proposer une valeur pour chacune des trois zones modélisées (ZTD, ZMD privée, ZMD publique).**

## **4 Précisions sur certaines données d'entrée utilisées dans la présente version du modèle**

Cette section apporte des précisions sur certaines données d'entrée utilisées dans la présente version du modèle. Des éléments plus précis sur la description exacte de la structure des entrées à fournir au code source sont décrits dans le document joint : « Aide à utilisation du code source Java ».

### **4.1 Fichiers des lignes principales, des sous-répartiteurs et des nœuds de raccordement d'abonnés**

Ces fichiers alimentent le module décrit en section 3.3.4.

L'Autorité utilise les fichiers transmis trimestriellement par Orange en application de l'analyse du marché 3a. Dans ce cadre, Orange transmet notamment à l'Autorité :

- la liste des lignes principales du réseau cuivre<sup>57</sup>. Pour chaque ligne principale, ce fichier indique notamment l'identifiant du NRA, l'identifiant du SR, l'identifiant du PC, les coordonnées du PC<sup>58</sup> ainsi que le code géographique (INSEE) de la commune du PC ;
- un fichier décrivant les SR<sup>59</sup> ;
- un fichier décrivant les NRA ; ces deux derniers fichiers permettent respectivement de connaître la position des SR et celle des NRA à partir de leurs codes identifiants respectifs.

## 4.2 Fichier des liens de collecte du réseau d'Orange

Un fichier de liens de collecte entre NRA est utilisé en entrée de l'étape de regroupement des NRA en NRO, décrite en section 3.3.5.

Comme indiqué dans la documentation de la version 1.0, la sélection des NRO parmi les NRA du réseau cuivre Orange s'appuie sur le réseau de collecte existant. Afin d'utiliser le paramètre le plus large possible des liens de collecte existants entre les NRA, la modélisation s'appuie désormais sur un fichier, transmis par Orange, regroupant l'ensemble des segments logiques qui composent les liens de collecte, quel que soit le type du support (les liens FH et cuivre sont présents dans le nouveau fichier utilisé, non plus seulement les liens en fibre optique).

Toutefois, ce fichier contient l'ensemble des segments logiques, y compris les segments ayant pour extrémité un site intermédiaire figurant dans le réseau de collecte mais qui ne constitue pas un NRA. Il n'est donc pas utilisable directement par le code du modèle.

Un prétraitement a ainsi été effectué sur ce fichier afin d'en supprimer les sites intermédiaires et d'obtenir un graphe reliant uniquement des NRA. Pour obtenir le fichier retraité :

- l'ensemble des sites intermédiaires et des liens qui ne sont pas entre deux NRA sont supprimés du graphe initial<sup>60</sup> ;
- un lien est en revanche ajouté entre deux NRA s'il existe dans le graphe initial un chemin passant par un ou plusieurs sites intermédiaires qui relie ces deux NRA et si ce chemin est plus court que le lien qui existerait déjà initialement le cas échéant entre ces deux NRA. Dans ce cas, la longueur du lien ajouté est égale à la plus courte somme des longueurs des liens intermédiaires composant le chemin liant les 2 NRA.

## 4.3 Fichier des routes

Ce fichier est utilisé comme entrée du module de tracé de réseau décrit en section 3.3.6.

La base utilisée pour décrire le tracé des routes est toujours la base « BDTOPO » fournie par l'IGN. Cette base a été mise à jour et la modélisation utilise désormais la version « 3.0 ». Plus précisément,

---

<sup>57</sup> En pratique, l'envoi a lieu sous forme de deux fichiers séparés, l'un concernant les lignes dites « actives », l'autre concernant les lignes « inactives ». Une ligne est considérée comme « inactive » lors de sa résiliation par le client précédemment associé à la ligne. Si un nouveau client se manifeste pour cette ligne, la réactivation du service peut avoir lieu sans intervention sur la boucle locale cuivre et la ligne est alors considérée de nouveau comme « active ».

<sup>58</sup> Les coordonnées des PC sont dorénavant fournies dans le système de projection « Lambert-93 » pour la France métropolitaine (les systèmes de projection utilisés pour chaque département d'outre-mer sont inchangés)

<sup>59</sup> L'utilisation de ce fichier par le modèle est facultative désormais.

<sup>60</sup> Qui fait l'objet d'un retraitement initial pour assurer la cohérence entre les coordonnées des nœuds et les distances des liens dans certains cas présentant des incohérences.

le fichier utilisé est toujours le fichier « TRONCON\_DE\_ROUTE », décrit à partir de la page 301 de la documentation de la version « 3.0 » révisée en juillet 2019<sup>61</sup>.

#### 4.4 Demande cible par zone

Ces données d'entrées sont utilisées pour alimenter le module décrit en section 3.4.

Pour les produire, les dernières données pertinentes publiées par l'INSEE à date ont été utilisées.

Deux sources ont ainsi été utilisées en pratique :

- le millésime 2016 de l'enquête « logements » de l'INSEE<sup>62</sup> qui regroupe des résultats sur les logements, résidences principales, résidences secondaires et logements occasionnels, logements vacants, maisons, appartements à la maille communale ;
- le millésime 2015 du dispositif « Connaissance de l'appareil productif »<sup>63</sup>, qui regroupe des résultats sur la répartition des établissements actifs et des postes salariés selon le secteur d'activité agrégé et selon la taille de l'entreprise.

Pour ces deux sources, le périmètre consiste en l'ensemble du territoire national, à l'exception de Mayotte. Pour ces deux sources, la maille par défaut est la commune<sup>64</sup>.

De façon plus précise :

- le nombre de logements a été obtenu en utilisant la variable nommée « P16\_LOG » par l'INSEE<sup>65</sup> ;
- le nombre de locaux professionnels a été obtenu en sommant les montants par commune des variables « ETTEF115 »<sup>66</sup> et « ETTEFP1015 »<sup>67</sup> afin d'obtenir le nombre total d'établissements actifs comptant au moins un salarié.

Ensuite, la demande cible par zone a été obtenue en utilisant le statut réglementaire associée à chaque commune (identifiée par son code INSEE). La liste des zones de régulation associées à chaque commune peut être obtenue directement depuis l'observatoire HD-THD<sup>68</sup>, publiée régulièrement par l'Autorité dans le cadre du suivi des déploiements sur le marché du haut et très haut débit fixes<sup>69</sup>.

---

<sup>61</sup>

[https://geoservices.ign.fr/ressources\\_documentaires/Espace\\_documentaire/BASES\\_VECTORIELLES/BDTOPO/DC\\_BDTOPO\\_3-0.pdf](https://geoservices.ign.fr/ressources_documentaires/Espace_documentaire/BASES_VECTORIELLES/BDTOPO/DC_BDTOPO_3-0.pdf)

<sup>62</sup> <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4171415?sommaire=4171436#consulter>

<sup>63</sup> <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2021289>

<sup>64</sup> Et la maille de l'arrondissement municipal pour les villes de Paris, Lyon et Marseille.

<sup>65</sup> Cette variable se décompose en : les résidences principales en 2016, les résidences secondaires et les logements occasionnels en 2016 ainsi que les logements vacants en 2016.

<sup>66</sup> Ce sont les établissements actifs définis par l'INSEE comme les « établissements actifs de 1 à 9 salariés au 31 décembre 2015 ». Cette définition peut être retrouvée dans le [dictionnaire des variables du dispositif « Clap »](#).

<sup>67</sup> Ce sont les établissements actifs définis par l'INSEE comme les « établissements actifs de 10 salariés ou plus au 31 décembre 2015 ». Cette définition peut être retrouvée dans le [dictionnaire des variables du dispositif « Clap »](#).

<sup>68</sup> Plus précisément, dans l'onglet « Communes », la colonne H indique si la commune appartient à la ZTD. Pour le reste des communes, ont été retenues en zone d'initiative privée les communes pour lesquelles la colonne I contient « AMII » ou la colonne J mentionne que des intentions privées de déploiement ont été prises. Les autres communes ont été classées en zone d'initiative publique.

<sup>69</sup> Le fichier qui a été utilisé est nommé « 2019T4\_Obs\_HD-THD\_deploiement.xlsx » à l'adresse : [https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/le-marche-du-haut-et-tres-haut-debit-fixe-deploiements/#\\_](https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/le-marche-du-haut-et-tres-haut-debit-fixe-deploiements/#_)

Les acteurs souhaitant s'exprimer sur la valeur à retenir pour la demande cible et en particulier sur le périmètre des accès fixes à retenir sont invités à répondre à la Question 6.

#### 4.5 Fichier « immeubles »

Ce fichier est utilisé en entrée du module de déploiement décrit en section 3.4.

Ce fichier « immeubles.csv » donne pour chaque NRA la distribution d'immeubles présents sur le périmètre de la zone arrière de NRA en fonction du nombre de logements de chacun d'entre eux. Ce fichier a été produit hors modèle à partir de la base de données dite « Géolocalaux » du CEREMA, dont l'utilisation est par défaut réservée à des missions de service public, et des fichiers intermédiaires décrivant les formes des ZANRA issus de l'exécution du module A du modèle.

La méthode de production de la base « Geolocalaux » est basée sur l'hybridation des bases de données de l'IGN (base « RGE »<sup>70</sup>) avec celles de la DGFIP (« MAJIC »<sup>71</sup>), elle est détaillée dans la documentation accessible publiquement<sup>72</sup>. Cette base présente notamment pour chaque bâtiment géolocalisé le nombre de logements et de locaux professionnels associés. Il est alors possible, en effectuant des intersections géométriques des bâtiments (représentés par des points dans la base « Geolocalaux ») et les fichiers des forme des ZANRA de créer le fichier « immeubles.csv ».

Le projet « Geolocalaux » n'a pas été poursuivi jusqu'à aujourd'hui. Ainsi, la production de ce fichier pourrait le cas échéant ultérieurement s'appuyer sur les dernières données « MAJIC », en particulier sur le « fichier des propriétés bâties »<sup>73</sup>.

**Question 20.** *Les acteurs sont invités à faire part de leurs éventuelles observations sur les données d'entrée utilisées par la modélisation.*

---

<sup>70</sup> « Référentiel à Grande Echelle ».

<sup>71</sup> « Mise À Jour des Informations Cadastreales » (cette appellation désigne une base de données utilisée par la DGFIP regroupant des informations sur les fichiers fonciers).

<sup>72</sup> [https://ant.cerema.fr/sites/ant/files/fichiers/2018/11/140801\\_synthese\\_BDD\\_geolocalaux\\_avec\\_sommaire\\_cle066cc4.pdf](https://ant.cerema.fr/sites/ant/files/fichiers/2018/11/140801_synthese_BDD_geolocalaux_avec_sommaire_cle066cc4.pdf)

<sup>73</sup> Une description précise de ce fichier peut être trouvée [ici](#).

## 5 Résultats du modèle mis en consultation publique

### 5.1 Exemples de tracé de réseau

Les figures ci-dessous présentent des exemples de tracé de réseau produits par le modèle.



Figure 15 – Tracé du réseau modélisé dans une commune de ZTD

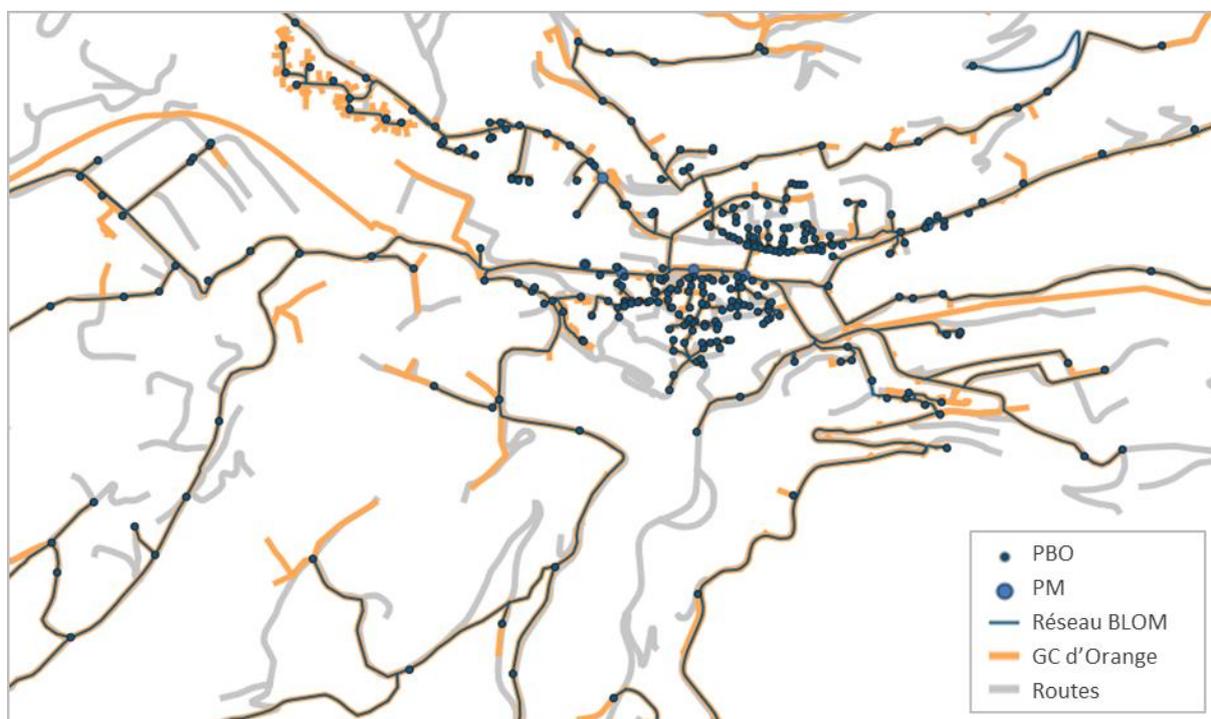


Figure 16 – Tracé du réseau modélisé dans une commune de ZMD privée

## 5.2 Les grandeurs physiques

À titre d'exemple, l'Autorité fournit ici un certain nombre d'unités d'œuvre ainsi que des grandeurs statistiques caractéristiques qui permettent aux acteurs d'appréhender le réseau modélisé. La distance maximale de regroupement des NRA en NRO, définie en section 3.3.5, a été fixée à 15 km dans cet exemple.

Le modèle pouvant évoluer à la suite de la consultation publique, les résultats présentés sont provisoires. En raison de la nature de l'opérateur modélisé (générique efficace), ces résultats peuvent s'écarter des données issues du déploiement réel des opérateurs d'infrastructure.

Le détail par département est présenté dans un fichier tableur joint à la présente consultation.

Tableau 5 – grandeurs physiques nationales par zone (France métropolitaine)

Grandeurs par zone	Total	ZTD	ZMD-privée	ZMD-publique
Nombre de lignes	<b>36,5 M</b>	<b>6,6 M</b>	<b>13,7 M</b>	<b>16,2 M</b>
Nombre de NRO	8 752	289	1 980	6 483
Nombre de lignes par NRO	4 103	23 160	7 153	2 504
Nombre de PM extérieurs	117 520	27 756	38 956	50 808
Nombre de PM extérieurs par NRO	13	96	20	8
Nombre de lignes extérieures par PM extérieur	289	147	352	318
Longueur moyenne de transport par PM	1 334 m	1 110 m	1 526 m	2 009 m
Longueur moyenne de distribution horizontale par ligne extérieure	853 m	197 m	521 m	1 301 m
Longueur de GC en transport	56 357 km	9 827 km	11 589 km	34 941 km
Longueur de GC en distribution	737 166 km	24 627 km	185 585 km	526 954 km

Les lignes intérieures sont ici définies comme les lignes en ZTD-PHD qui passent par un PM intérieur. Le reste des lignes sont des lignes extérieures.

**Question 21.** *Avez-vous des observations sur les grandeurs présentées ci-dessus ? Le cas échéant, identifiez-vous des valeurs qui pourraient paraître incohérentes ?*

## 6 Modalités d'utilisation pour la tarification du dégroupage

Comme précisé en section 1.1 et développé dans son projet d'analyse de marché 3a mis en consultation publique du 6 février au 17 mars 2020, l'Autorité envisage d'utiliser le modèle présenté dans les parties précédentes comme un élément de référence à considérer pour la détermination du tarif du dégroupage.

Le résultat fourni par le modèle, et en particulier le coût déterminé par le module de coûts en section 3.5, ne prend pas en compte la fiscalité spécifique à la paire de cuivre. Ce point est abordé en section 6.1. Il comprend en revanche le coût des coupleurs optiques depuis la version 1.1, ce point ne sera donc pas révoqué ici.

Par ailleurs, de la même manière qu'exposé dans la consultation de 2017, l'utilisation d'une telle modélisation pour la tarification du dégroupage implique une réflexion sur le périmètre du réseau moderne efficace retenu.

Enfin, quelques précisions doivent être apportées s'agissant des modalités de calcul de l'annuité.

## 6.1 Prise en compte de la fiscalité

Pour calculer un tarif équivalent au tarif récurrent mensuel du dégroupage total à partir du modèle, il semble nécessaire d'ajouter l'IFER<sup>74</sup> au coût calculé en section 3.5 afin d'obtenir le même périmètre de coûts que le dégroupage total. Son montant est de 14,08 €/paire/an au 1<sup>er</sup> janvier 2020<sup>75</sup>. Le tarif récurrent mensuel équivalent à celui du dégroupage total devrait être calculé en prenant en compte l'évolution de l'IFER sur la période 2021-2023.

## 6.2 Périmètre retenu

Comme précisé en section 3.3.4 de la décision n° 2017-1570 de l'Autorité, pour utiliser cette modélisation dans le cadre de la tarification de l'accès à la boucle locale cuivre, il est par ailleurs nécessaire de tenir compte de variables supplémentaires :

- l'empreinte géographique des coûts ;
- le coût (total ou partiel) du raccordement final.

### 6.2.1 L'empreinte géographique des coûts à prendre en compte

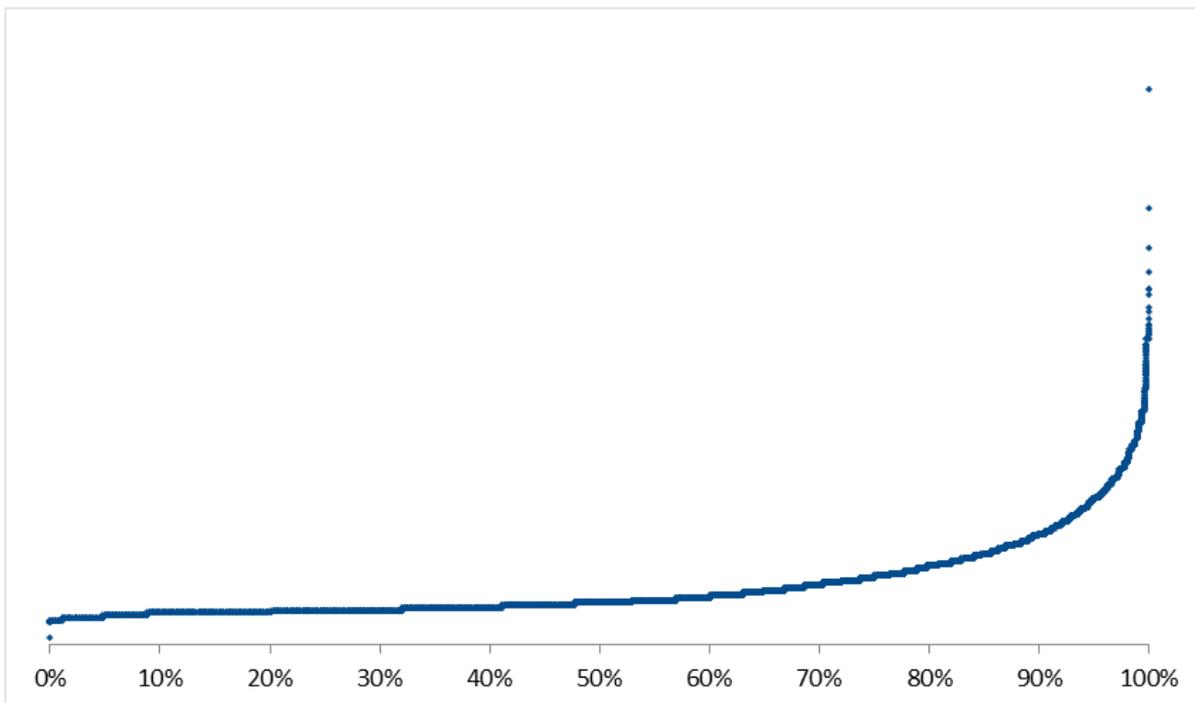
Une référence de coût pertinente donnant un signal stable de long terme pour la tarification du dégroupage total serait celle d'un actif moderne équivalent sur la quasi-totalité du territoire national. Or, si l'Autorité a fait le choix, au vu du contexte national de déploiement des nouveaux réseaux, de modéliser un réseau de boucle locale optique mutualisée, il n'est pas certain que la fibre optique déployée jusqu'à l'abonné soit l'actif moderne équivalent au cuivre sur l'ensemble du territoire, si ce dernier est déployé par un opérateur privé investissant sur ses fonds propres, notamment en raison de la forte augmentation des coûts par lignes dans les zones les moins denses du territoire.

Dans la décision n° 2017-1570, l'Autorité a publié un graphique présentant la distribution caractéristique des coûts par ligne de chaque zone arrière de NRO, triés par ordre de coût par ligne croissant, en fonction du pourcentage cumulé de lignes :

---

<sup>74</sup> Imposition forfaitaire pour les entreprises de réseaux, cf. article 1599 quater B du code général des impôts

<sup>75</sup> Voir <http://bofip.impots.gouv.fr/bofip/1258-PGP>



Cette courbe montre que le coût par ligne est beaucoup plus élevé pour les derniers pourcentages. De ce fait, il est raisonnable de penser qu'un opérateur privé efficace mette en place, en-dessous d'un certain seuil de densité, une ou des technologie(s) alternative(s) au(x) coût(s) par ligne inférieur(s) à celui de la boucle locale optique mutualisée, permettant ainsi de limiter la hausse des coûts unitaires dans les zones les moins denses.

Quelles que soient les valeurs exactes de ce seuil et des coûts de technologie(s) alternative(s), la moyenne nationale des coûts de la fibre jusqu'à l'abonné donne une borne supérieure absolue du coût moyen de l'actif moderne équivalent (le choix de technologie(s) alternative(s) ayant précisément pour but de diminuer les coûts).

Similairement, il est raisonnable d'affirmer que les zones où les opérateurs privés déploient actuellement et ont l'intention de déployer des réseaux de fibre optique jusqu'à l'abonné font partie des zones pour lesquelles un opérateur générique efficace choisirait de déployer un tel réseau en fibre optique. Dès lors, le coût moyen estimé dans les zones moins denses privées fournit une borne inférieure raisonnable de la référence recherchée.

**Question 22.** *Quelle est votre opinion sur le périmètre géographique du réseau en fibre optique à retenir pour la tarification du dégroupage : ensemble du territoire national, une sous-zone ? Dans le cas d'une sous-zone, comment la définir ? de façon géographique, avec un plafond de coût par prise exprimé en €/prise ?*

### 6.2.2 La prise en compte des coûts du raccordement final

Comme indiqué en section 2.2, le modèle présenté ne modélise pas le raccordement final (entre le point de branchement optique et la prise terminale optique située dans le logement).

Ceci ne préjuge nullement du fait d'intégrer ou non le coût du raccordement final dans le coût du réseau moderne efficace, selon des modalités à préciser le cas échéant.

Au regard tant de la recommandation précitée<sup>76</sup> que de la pratique des autres ARN, l'actif moderne efficace peut ou non inclure le coût du raccordement final, selon que l'architecture FttX retenue est une architecture de type « fibre jusqu'au point de concentration » ou « fibre jusqu'à l'abonné ». Les deux approches participent de logiques différentes, qui combinent les choix effectifs de déploiement des réseaux NGA et historique des réseaux cuivre.

Lors de la première consultation publique sur le modèle en avril 2017, l'Autorité avait interrogé les acteurs sur la nécessité d'intégrer tout ou partie des coûts du raccordement final aux coûts issus de la modélisation ascendante. Dans la décision n° 2017-1570, l'Autorité avait indiqué les termes de l'alternative concernant la prise en compte du raccordement final :

- d'une part, le choix de la fibre optique jusqu'à l'abonné effectué en France par les opérateurs implique le déploiement du raccordement final, ce qui milite pour la prise en compte des coûts correspondants ;
- d'autre part, si l'on souhaite comparer l'annuité résultante aux coûts réglementaires de la boucle locale d'Orange, la correspondance du périmètre des actifs considérés implique vraisemblablement d'exclure au moins une part du raccordement final, qui dans le cas du réseau cuivre, a pu être pour partie déployé par des tiers (promoteurs immobiliers par exemple) ; de même, à long terme, une part non négligeable du raccordement final aura été payée par les constructeurs des immeubles neufs. Par ailleurs, la logique d'actif moderne équivalent implique, comme ci-dessus, de choisir une technologie alternative dans les zones où son coût serait démesuré.

L'Autorité avait alors estimé pertinent, au vu des éléments apportés en réponse à la consultation publique sur le projet de décision, de retenir une fourchette de [60 % - 80 %] quant à la proportion des coûts du raccordement final fibre à inclure dans les coûts.

La question de l'inclusion du raccordement final dans le cadre de la tarification du dégroupage peut également être posée en lien avec les modalités historiques de recouvrement des coûts de ce segment par Orange : la décision n° 05-0834 précise en effet que, dans la comptabilité réglementaire d'Orange, les dépenses de l'activité de branchement ont été comptées en coût d'exploitation.

Concernant l'estimation du coût du raccordement final, la valeur de 2,50 €/mois avait été retenue en 2017 en l'absence de retour d'expérience suffisant du déploiement de la fibre sur les coûts effectivement supportés par les opérateurs, en se fondant sur le tarif de contrats dont l'Autorité avait connaissance en zone publique, d'environ 250 €, qui correspond également à la borne minimale donnée dans les lignes directrices tarifaires en cas de remise<sup>77</sup>.

Une consultation publique sur le raccordement final est prévue dans les mois à venir. Sans préjuger des résultats de cette consultation, il est ici proposer de conserver provisoirement cette méthodologie de prise en compte des coûts du raccordement final.

---

<sup>76</sup> « Il est possible de considérer un réseau FttH, un réseau FttC (fibre jusqu'au point de concentration) ou une combinaison des deux comme le réseau NGA moderne efficace. » (considérant 41, soulignement ajouté).

<sup>77</sup> Tarification de l'accès aux réseaux à très haut débit en fibre optique déployés par l'initiative publique, Arcep, Lignes directrices, Décembre 2015, voir p. 30

[https://www.arcep.fr/uploads/tx\\_gspublication/lignes-dir-ARCEP-tarification-RIP-dec2015.pdf](https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/lignes-dir-ARCEP-tarification-RIP-dec2015.pdf)

**Question 23.** *Quelle est votre estimation du coût moyen de raccordement final selon les différentes zones (ZTD, ZMD-privée et ZMD-publique) ? Comment proposeriez-vous de le modéliser ?*

**Question 24.** *L'Autorité devrait-elle selon vous inclure le coût du raccordement final de la fibre pour servir de référence à une tarification de la paire de cuivre en actif moderne efficace ? Expliquez votre raisonnement. Si oui, devrait-elle l'inclure en totalité ou partiellement, et sur quelles bases ? Que pensez-vous de la fourchette de [60 – 80 %] retenue dans la décision n° 2017-1570 ?*

## 6.3 Modalités de calcul de l'annuité

### 6.3.1 La méthode d'annualisation des investissements

Le principe de l'utilisation des coûts de remplacement en filière, décrit dans la documentation de la version 1.0, est repris ici.

### 6.3.2 Le taux de rémunération du capital

Dans sa décision n° 2017-0830 du 4 juillet 2017, l'Autorité a fixé le taux de rémunération du capital employé pour la comptabilisation des coûts et le contrôle tarifaire des activités fixes et mobiles régulées pour les années 2018 à 2020. L'Autorité mettra prochainement en consultation publique un projet de décision fixant une nouvelle valeur de ce taux de rémunération du capital, à utiliser pour l'annualisation dans le cadre du calcul de l'encadrement tarifaire pour les années 2021 à 2023.

Le réseau modélisé est un réseau NGA, toutefois le réseau dont l'accès est tarifé est un réseau « historique » en cuivre. Il n'est donc pas prévu d'ajouter une prime de risque à ce taux de rémunération du capital dans le cadre de la tarification du dégroupage.

### 6.3.3 L'annuité à retenir

Le module de coûts (onglet « CAPEX annualisés ») permet de calculer les coûts de patrimoine (égales aux annuités des montants d'investissement) à partir de 2021, année supposée de construction du réseau, puis pour toutes les années suivantes.

Les annuités ne sont pas constantes : elles évoluent, en termes réels (euros constants), sous l'effet d'une part du progrès technique de chacune des composantes du réseau et d'autre part de l'évolution des coûts unitaires de génie civil.

Pour calculer une référence équivalente au tarif récurrent mensuel du dégroupage total sur la période 2021-2023, dans l'optique d'un potentiel encadrement tarifaire pluriannuel, plusieurs choix sont possibles pour la définition d'une ou plusieurs année(s) de référence.

À titre d'exemple, il est possible de prendre, s'agissant de l'annuité exprimée en termes réels (euros constants) :

- une annuité constante sur la période 2021-2023, égale à celle calculée par le modèle pour 2021 (année « 0 » du modèle) ;
- une annuité constante sur la période 2021-2023, définie comme une moyenne des annuités calculées par le modèle pour les années 2021, 2022 et 2023 ;
- pour chacune des années 2021, 2022 et 2023, l'annuité effectivement calculée par le modèle pour l'année en question.

**Question 25.** *Les acteurs sont invités à s'exprimer sur les modalités de calcul de l'annuité envisagées dans cette section 6.3.*

\* \*

\*

**Question 26.** *Les acteurs sont invités à s'exprimer, s'ils le souhaitent, sur tout autre sujet qu'ils estiment pertinent dans le cadre de cette consultation publique.*

## Annexes

### 1 Annexe 1 : conditions de réutilisation des fichiers sources élaborés par l'Arcep – Licence ouverte

#### 1.1 Définitions

Les « Fichiers Sources » désignent l'ensemble des fichiers textes « .java », « .form » et le tableur « .xlsx », élaborés et publiés par l'Arcep, utilisés afin de réaliser la modélisation ascendante d'un réseau de boucle locale optique mutualisée.

Le « Réutilisateur » est toute personne physique ou morale qui réutilise les Fichiers Sources conformément aux présentes conditions.

#### 1.2 Réutilisation des Fichiers Sources

L'Arcep garantit au Réutilisateur le droit personnel, non exclusif et gratuit, de réutilisation des Fichiers Sources transmis pour la présente consultation publique, pour une durée illimitée.

Sous réserve des dispositions du 1.3 ci-dessous, le Réutilisateur est libre de :

- reproduire, copier, publier et transmettre les Fichiers Sources ;
- diffuser et redistribuer les Fichiers Sources ;
- adapter et modifier les Fichiers Sources ;
- exploiter les Fichiers Sources à titre commercial, notamment en l'incluant dans ses propres productions.

#### 1.3 Réserves à la réutilisation des Fichiers Sources

Pour toute réutilisation des Fichiers Sources, de quelque nature qu'elle soit, le Réutilisateur doit mentionner la paternité de ceux-ci, ce qui consiste à :

- préciser le nom de l'Arcep (Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse) ;
- la date et la version des Fichiers Sources.

La mention de paternité ne doit conférer aucun caractère officiel à la réutilisation des Fichiers Sources, ni suggérer une quelconque reconnaissance ou caution par l'Arcep du Réutilisateur ou de la réutilisation.

#### 1.4 Responsabilité

Les Fichiers Sources sont mis à disposition par l'Arcep sans garantie de l'absence de défauts. L'Arcep ne peut être tenue pour responsable de toute perte, préjudice ou dommage de quelque sorte causé du fait de la réutilisation des Fichiers Sources.

Le Réutilisateur est le seul responsable de la réutilisation des Fichiers Sources. La réutilisation ne doit pas induire en erreur des tiers quant à leurs contenus, leur source ainsi que la date et la version utilisée.

### **1.5 Droits de propriété intellectuelle**

L'Arcep garantit que les Fichiers Sources ne contiennent pas de droits de propriété intellectuelle appartenant à des tiers.

### **1.6 Évolution de la licence**

L'Arcep se réserve la faculté de proposer de nouvelles versions de la présente Licence. Les Réutilisateurs pourront continuer à réutiliser les informations disponibles sous cette licence s'ils le souhaitent.

### **1.7 Droit applicable**

Les présentes conditions d'utilisation des Fichiers Sources sont régies par le droit français.

## **2 Annexe 2 : tableaux de correspondance mis à jour**

Les quatre tableaux ci-après donnent pour les modules A à D la correspondance entre bouton(s) de l'interface utilisateur, fonctions telles que décrites dans les schémas fonctionnels (les numéros des tableaux correspondent à ceux des schémas) et les principales classes et méthodes du code Java™. Ils ne prétendent pas à l'exhaustivité (les arguments des fonctions ne sont notamment pas indiqués) mais sont une aide à la lecture et à la compréhension du code source.

## 2.1 Tableau de correspondance pour le module A : prétraitement

Bouton Classe méthode ()	Fonction	Classes	Méthodes- principales ()	Méthodes- secondaires ()
Préparation shapes (départements) ModuleTopo pretraitementShapes ()	<b>A.1</b> Ajout d'un buffer aux départements	Shapefiles	buffer ()	printShapefile ()
	<b>A.2</b> Séparation des LP	ModuleTopo	filtreDpts ()	dpt ()
Préparation des fichiers du réseau cuivre	<b>A.3</b> Prétraitement NRA et SR	ModuleTopo	prepareNRA () prepareSR ()	litEtSepare ()
ModuleTopo pretraitementReseauCuivre ()	<b>A.4</b> Création des PC	ModuleTopo	createPC ()	
	<b>A.5</b> Zonage des PC	Shapefiles	zonagePC ()	getAMII ()
	<b>A.6</b> Création des ZAPC avec Voronoï	Shapefiles	createVoronoiPC ()	printShapefile ()
Création des shapefiles des ZANRA	<b>A.7</b> Fusion ZAPC → ZASR			
ModuleTopo createZAPCSR NRA ()	<b>A.8</b> Fusion ZASR → ZANRA	Shapefiles	fusionShapes ()	printShapefile ()
Prétraitement réseau de collecte	<b>A.9</b> Prétraitement collecte	ModuleTopo	separeCollecte ()	
ModuleTopo pretraitementCollecte ()				

## 2.2 Tableau de correspondance pour le module B : regroupement

Bouton Classe méthode ()	Fonction	Classes Méthodes publiques ()	Méthodes privées ()	Autres classes
Regroupement des NRA en NRO et création des shapefiles des ZANRO  ModuleTopo regrouperNRANRO ()	<b>B.1</b> Modélisation du réseau cuivre	<b>ReseauCuivre</b> ReseauCuivre () loadNRA () loadSR () loadPC () checkPC ()	communes () getNRA () getSR () createSR ()	
	<b>B.2</b> Création du graphe		addNRA ()	
	<b>B.3</b> Ajout des liens de collecte		readFichierCollecte ()	
	<b>B.4</b> Ajout de liens pour les NRA isolés		ajoutNRAisoles ()	NRA SR PC PointReseau
	<b>B.5</b> Répartition en files de priorité	<b>ReseauCuivre</b> regrouperNRACollecte ()		
	<b>B.6</b> Regroupement		regroupeMonoVoisin () regroupeMultiVoisins () regroupeSansVoisin () getVoisin ()	
	<b>B.7</b> Vérification de petits NRO		verificationInterZone ()	
	<b>B.8</b> Écriture des fichiers de sortie		store ()	
	<b>B.9</b> Fusion ZANRA → ZANRO	<b>Shapefiles</b> fusionShapes ()		

## 2.3 Tableau de correspondance pour le module C : réseaux physiques

<b>Bouton</b>	<b>Classes</b>	<b>Autres classes</b>
<b>Classe.méthode ()</b>	<b>Méthodes publiques ()</b>	
	<b>C.1</b> Chargement du contour de la ZANRO étendue	Shapefiles
	<b>C.2</b> Création du réseau d'infrastructures physiques	Shapefiles Reseau () loadLineString ()
	<b>C.3</b> Placement du NRO	setCentre () getNoeud ()
<b>Regroupement des NRA en NRO et création des shapefiles des ZANRO</b>	<b>C.4</b> Connexion des infrastructures	connecteRoutes () getPlusProcheNodeGC () construitAreteConnecteRoute ()
	<b>C.5</b> Connexité du réseau	Reseau forceConnexite () trouverPont () construitAreteConnexite ()
ModuleTopo traceReseau () <i>qui appelle</i> Shapefiles preparerGraphes ()	<b>C.6</b> Placement des PBO	addPC () distanceAuCentre () keep () getNoeud () construitArete () distanceDijkstra ()
	<b>C.7a</b> Écriture des fichiers intermédiaires	store ()
	<b>C.7b</b> Écriture des shapefiles représentant le Reseau	printShapefiles ()
	<b>C.8</b> Calcul du pourcentage des types de GC	Shapefiles computePourcentageGC () analyseGC ()

Node  
NoeudAGarder  
NoeudInterne  
Arete

## 2.4 Tableau de correspondance pour le module D : déploiement

Bouton	Fonction	Classes	Méthodes ()	Autres classes
	<b>D.1</b> Choix des paramètres	<b>Parametres</b>	setZones(), setListeCommunes(), setDossierResultats(), initDemande(), addDemande(), setPM(), setTransportOptique(), setCalibresLimites(), setUO(), setGC(), setNbMaxLignesPM(), setDimensionnementNRO(), setSorties(), print()	
	<b>D.2</b> Ajustement de la demande	<b>Deploiement</b>	adapteDemande()	Reseau
	<b>D.3</b> Création de l'arbre représentant le réseau optique	<b>BLO</b>	BLO(), buildTree()	<b>AreteBLOM</b>
	<b>D.4</b> Simplification de l'arbre		simplification()	fusionAretes(), totalLignes()
	<b>D.5</b> Placement des points de mutualisation		posePM()	posePMextMediane(), posePMextMoyenne(), listingPMint(), numerotePM()
Lancer la modélisation	<b>D.6</b> Calcul de la demande desservie par chaque arête	<b>Deploiement</b>	run() <i>puis</i> evaluation()	Parametres Reseau AreteBLOM
	<b>D.7</b> Définition du génie civil		setModesPose(), getPourcentagesGC()	Noeud ZAPM UO
	<b>D.8</b> Calcul des UO arête par arête		calculerAutresUOAretes()	Lineaires calculAutresUO(), calculCables(), calculSectionGC(), calculBoitiersEpissures()
	<b>D.9</b> Calculs au niveau de la ZAPM		calculResultatsParPM()	agregereResultats(), getLineairesTransport()
	<b>D.10</b> Calculs au niveau de la ZANRO	<b>Deploiement</b>	immeubles()	<b>UO</b>
		<b>BLO</b>	computeAndGetUO()	setPMint(), setVertical(), setNRO()