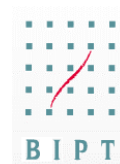


Modèle BULRIC pour les réseaux FTTH

Manuel descriptif

Décembre 2018



Le présent document a été rédigé par Axon Partners Group pour l'usage exclusif du client auquel il est adressé. Aucune partie de ce document ne peut être copiée ou mise à la disposition de tiers sans accord écrit préalable.

Table des matières

Table des matières.....	2
1. Introduction.....	4
1.1. Choix méthodologiques.....	4
1.2. Structure du document.....	6
2. Architecture générale du Modèle.....	8
3. Inputs du Modèle.....	10
4. Drivers de dimensionnement.....	11
4.1. Concept des drivers de dimensionnement.....	11
4.2. Identifier les services liés aux drivers.....	12
4.3. Facteurs de conversion de services en drivers.....	13
5. Analyse géographique.....	15
5.1. Caractérisation des géotypes.....	15
5.2. Détermination des emplacements de nœuds.....	17
5.3. Calcul des distances entre les éléments de réseau.....	19
6. Module de dimensionnement.....	23
6.1. Dimensionnement du réseau d'accès (dépendant du géotype).....	23
6.1.1. Dimensionnement des câbles de fibre optique et des éléments d'infrastructure civile.....	25
6.1.2. Dimensionnement de l'équipement du réseau d'accès.....	33
6.2. Dimensionnement du réseau de transmission (indépendant du géotype).....	35
6.2.1. Étape 1. Calcul des liaisons nœuds locaux - nœuds cœurs.....	37
6.2.2. Étape 2. Calcul des liaisons nœuds cœurs - nœuds cœurs.....	38
6.2.3. Étape 3. Définition du nombre de routeurs requis.....	38
6.2.4. Étape 4. Calcul des tranchées additionnelles pour le réseau de transmission.....	40
6.3. Dimensionnement du réseau cœur (indépendant du géotype).....	40

7. Module de coûts CAPEX et OPEX.....	43
7.1. Étape 1. Définition des coûts unitaires des ressources et des tendances de coûts	43
7.2. Étape 2. Calcul de l’acquisition de ressources	44
7.3. Étape 3. Calcul des CAPEX et des OPEX annuels.....	45
8. Module d’amortissement.....	46
9. Allocation des coûts aux services	47
9.1. Calcul des coûts incrémentaux et communs.....	47
9.2. Allocation des coûts des ressources aux services.....	48
9.2.1. Étape 1 : Combinaison des facteurs de routage et du trafic des services	49
9.2.2. Étape 2 : Allocation des coûts aux services.....	49
Annexe A. Descriptions des services.....	50

1. Introduction

Le présent document décrit l'approche de modélisation, la structure du modèle ainsi que le processus de calcul suivis lors du développement du modèle ascendant des coûts différentiels à long terme (BULRIC) pour les réseaux FTTH (« le Modèle ») commandé par l'Institut belge des services postaux et des télécommunications (ci-après « l'IBPT ») à Axon Partners Group (ci-après « Axon Consulting »).

Le modèle possède les caractéristiques principales suivantes :

- ▶ Il calcule le coût du réseau des services selon la norme de coût LRIC+ qui inclut les coûts communs.
- ▶ Il repose sur des modules d'ingénierie permettant de prendre en compte une période de temps de plusieurs années.

Cette section présente les principaux aspects méthodologiques qui ont été pris en compte dans le développement du Modèle et fournit un aperçu de la structure du présent document.

1.1. Choix méthodologiques

Les principaux choix structurels et méthodologiques ont déjà été discutés avec l'IBPT. Ils définissent le cadre pour la mise en œuvre du Modèle.

Le tableau suivant contient un résumé du cadre méthodologique qui a été défini pour le développement du Modèle.

Aspect méthodologique	Approche adoptée
Norme de coût	▶ LRIC+ (coûts différentiels à long terme avec une majoration pour les coûts communs)
Méthode de dimensionnement	▶ Approche ascendante (« bottom-up »)
Type d'opérateur	▶ Opérateur hypothétique efficace déployant des réseaux modernes efficaces
Méthode de valorisation des actifs	▶ Valorisation des actifs sur base des coûts courants (CCA)
Traitement des actifs d'infrastructure civile	▶ Le modèle tient compte de l'exclusion des CAPEX associé aux actifs d'infrastructure civile (tranchées, fourreaux, chambres de visite, etc.) qui ont été totalement amortis.
Méthode d'amortissement	▶ Amortissement économique
Allocation de coûts de réseau communs	▶ Approche de capacité effective. L'allocation des coûts communs repose sur la capacité utilisée par chaque service, comme pour l'allocation des coûts purements incrémentaux
Topologie du réseau	▶ « Scorched node », utilisant les emplacements existants des nœuds de réseau des opérateurs (Local Exchange, LEX)
Technologies d'accès	▶ Réseau FTTH
Technologies de transmission	▶ Liaisons par fibre optique (Ethernet avec/sans WDM)
Technologies cœurs	▶ Réseau cœur de nouvelle génération (NGN)
Horizon temporel	▶ 50 ans
Modélisation géographique	▶ Géotypes définis au niveau des secteurs, sur la base de la densité de bâtiments et du nombre moyen de ménages par bâtiment

Services	▶ Services de détail et de gros pour l'accès et le transport
Incréments	▶ Lignes d'accès vs Transport
Coûts à prendre en compte	▶ CAPEX réseau (amortissement et coût du capital), OPEX réseau et frais généraux (coûts G&A et IT)

Figure 1.1 : Résumé du cadre méthodologique. [source : Axon Consulting]

1.2. Structure du document

Les sections suivantes du présent document décrivent :

- ▶ L'approche de modélisation,
- ▶ La structure du modèle,
- ▶ Le processus de calcul.

Le document est structuré comme suit :

- ▶ **Architecture générale du Modèle**, présente la structure générale du modèle, du module « Demande » aux modules « Dimensionnement du réseau » et « Détermination des coûts ».
- ▶ **Inputs du Modèle**, présente les principaux inputs nécessaires pour le Modèle.
- ▶ **Drivers de dimensionnement**, examine la conversion du trafic (au niveau du service) en paramètres réseau (par exemple erlangs et Mbps) facilitant le dimensionnement de ressources du réseau.
- ▶ **Analyse géographique**, présente le traitement réalisé au niveau des caractéristiques géographiques du pays afin de l'adapter aux besoins du Modèle BULRIC.
- ▶ **Module de dimensionnement**, illustre les critères suivis afin de concevoir le réseau et de calculer le nombre de ressources nécessaires pour les contraintes de couverture et de capacité.
- ▶ **Module de coûts CAPEX et OPEX**, présente le calcul des OPEX et des CAPEX annuels au fil des années.
- ▶ **Module d'amortissement**, présente le calcul des méthodes d'amortissement pour répartir les CAPEX sur les années prises en compte (annualisation).

- ▶ **Allocation des coûts aux services**, inclut de plus amples explications sur le calcul des coûts selon la norme LRIC+ et présente la méthodologie utilisée pour l'affectation des coûts des ressources aux services.

Enfin, un guide d'utilisation a été créé et est fourni séparément.

2. Architecture générale du Modèle

Ce chapitre présente la structure générale du Modèle. La figure suivante montre les blocs fonctionnels ainsi que leurs rapports au sein du modèle.

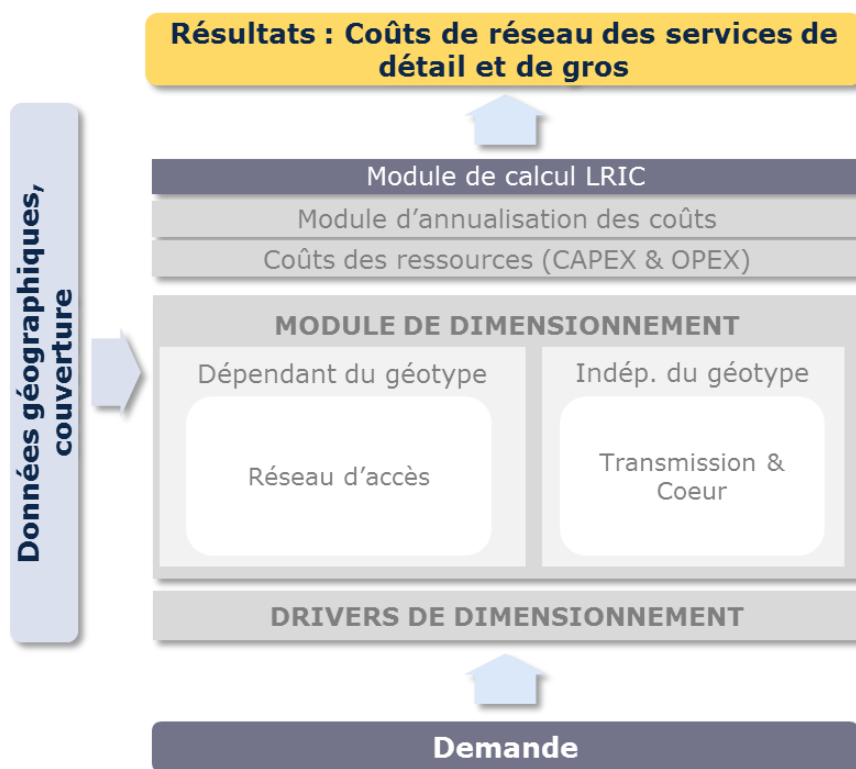


Figure 2.1 : Structure du modèle [source : Axon Consulting]

Différents blocs fonctionnels sont identifiables mais, en guise de première classification, la fonction des parties suivantes est décrite ci-dessous :

- ▶ **Drivers de dimensionnement** : conversion du trafic en drivers de dimensionnement, et aide ultérieure au dimensionnement de ressources réseau.
- ▶ **Module de dimensionnement** : calcul du nombre de ressources et construction du réseau qui peut alimenter les services principaux fournis par l'opérateur de référence.

La demande estimée pour tous les services modélisés est utilisée par le Module de dimensionnement.

De plus, les données géographiques sont introduites dans le module de dimensionnement afin de tenir compte des aspects géographiques pertinents du pays.

Le modèle reconnaît que les différentes parties du réseau de l'opérateur de référence peuvent dépendre ou non du géotype. Par exemple, le processus de dimensionnement correspondant au réseau d'accès et à l'infrastructure d'accès est unique et indépendant pour chaque géotype.

- ▶ **Calcul des coûts des ressources (CAPEX et OPEX) :** calcul des coûts des ressources obtenus après le dimensionnement du réseau, en termes de CAPEX et OPEX.
- ▶ **Module d'annualisation :** affectation des dépenses d'investissement (CAPEX) au fil du temps selon la méthodologie définie, à savoir la méthode de l'amortissement économique.
- ▶ **Module de calcul des coûts LRIC :** détermination des coûts différentiels purs liés aux différents incréments (chaque incrément est défini comme un groupe de services) et des coûts communs.

Les sections suivantes développent davantage chaque bloc du modèle.

3. Inputs du Modèle

Par définition, le principal input d'un modèle BULRIC est la demande qui doit être satisfaite par le réseau à dimensionner. Toutefois, des données supplémentaires sont requises. La liste suivante décrit les principaux inputs nécessaires pour le Modèle BULRIC :

- ▶ **Couverture** : la couverture obtenue (en termes de ménages passés) a un impact considérable sur les résultats du Modèle. Ainsi, la couverture historique et la couverture prévue par géotype doivent être introduites dans le Modèle.
- ▶ **Informations géographiques** : le dimensionnement du réseau nécessite de tenir compte d'informations spécifiques concernant les différentes zones du pays. Ces informations sont regroupées en géotypes. De plus, la caractérisation du réseau cœur est nécessaire (par ex. emplacement des nœuds cœurs, liaisons). Les informations géographiques sont fournies en appliquant la méthodologie décrite à la section 5.
- ▶ **Statistiques du trafic** : pour le dimensionnement du réseau, il est nécessaire de définir certaines statistiques concernant le réseau (par ex. consommation de pointe (« peak ») par utilisateur, débit des canaux TV, etc.).
- ▶ **Paramètres de dimensionnement et capacité de l'équipement du réseau** : les algorithmes de dimensionnement nécessitent des informations concernant les caractéristiques de l'équipement du réseau en termes de capacité.

4. Drivers de dimensionnement

Le principe de base des drivers de dimensionnement est d'exprimer le trafic et la demande (au niveau des services) d'une manière permettant le dimensionnement des ressources de réseau.

Cette section présente les aspects suivants concernant les drivers de dimensionnement :

- ▶ Concept des drivers de dimensionnement
- ▶ Identifier les services liés aux drivers
- ▶ Facteurs de conversion de services en drivers

4.1. Concept des drivers de dimensionnement

La reconnaissance explicite d'un « driver » de dimensionnement au sein du modèle a pour but de simplifier le processus de dimensionnement du réseau ainsi que d'augmenter sa transparence.

Les moteurs de dimensionnement représentent notamment les exigences suivantes :

- ▶ Nombre de connexions pour le dimensionnement du réseau d'accès
- ▶ Mbps pour la transmission via le réseau cœur (incluant par exemple les services large bande et TV multicast).

La liste suivante contient les drivers utilisés au sein du modèle BULRIC pour les réseaux FTTH :

VARIABLE
DRIV.FIBRE.Connections.Total Active connection
DRIV.REGIONAL TRAFFIC.Traffic.Voice traffic
DRIV.REGIONAL TRAFFIC.Traffic.Data traffic
DRIV.CORE TRAFFIC.Traffic.Voice traffic
DRIV.CORE TRAFFIC.Traffic.Data traffic
DRIV.TRANSPORT.Leased Lines.Local

VARIABLE
DRIV.TRANSPORT.Leased Lines.Regional
DRIV.TRANSPORT.Leased Lines.National
DRIV.TRANSPORT.Broadband.Local
DRIV.TRANSPORT.Broadband.Regional
DRIV.TRANSPORT.Broadband.National
DRIV.TRANSPORT.Multicast.Local
DRIV.TRANSPORT.Multicast.Regional
DRIV.TRANSPORT.Multicast.National
DRIV.CORE CONNECTIONS.Connections.Total lines
DRIV.CORE CONNECTIONS.Connections.Total Internet lines
DRIV.IPTV.Traffic.Traffic
DRIV.VOD.Traffic.Traffic
DRIV.RADIO.Traffic.Traffic
DRIV.TRANSPORT.Ports.1 GE Port
DRIV.TRANSPORT.Ports.10 GE Port
DRIV.SHARING INFRASTRUCTURE.Ducts.Access Ducts
DRIV.FIBRE.Connections.Total Terminated connection

Figure 4.1 : Liste de moteurs utilisés dans le modèle (feuille « OC PAR DRIVERS »).
[source : Axon Consulting]

Il est nécessaire de passer par deux étapes pour calculer les drivers :

1. Identifier les services liés aux drivers
2. Convertir les unités de trafic en unités de drivers correspondantes

Chacune de ces deux étapes est abordée de manière plus détaillée ci-dessous.

4.2. Identifier les services liés aux drivers

Afin d'obtenir les drivers, il est nécessaire d'indiquer les services qui y sont liés. Il convient de noter qu'un service est souvent associé à plusieurs drivers étant donné que ces derniers représentent le trafic à un point donné du réseau.

Par exemple, les services large bande doivent être inclus dans les drivers utilisés pour dimensionner le réseau de transmission (à savoir les liaisons entre les nœuds locaux et cœurs) ainsi que l'équipement cœur.

La figure suivante présente un exemple d'association de services aux drivers :

Liste des associations	
SERVICE (nom de la variable)	DRIVER (nom de la variable)
Access.FTTH.Retail.Access	DRIV.FIBRE.Connections.Total Active connection
Access.FTTH.Wholesale.Resale Access	DRIV.FIBRE.Connections.Total Active connection
Access.FTTH.Wholesale.Passive Access (Wavelength Unbundling)	DRIV.FIBRE.Connections.Total Active connection
Access.FTTH.Wholesale.Active Access (VULA)	DRIV.FIBRE.Connections.Total Active connection
Voice.Voice.Retail.Voice traffic	DRIV.REGIONAL TRAFFIC.Traffic.Voice traffic
Voice.Voice.Retail.Voice traffic	DRIV.CORE TRAFFIC.Traffic.Voice traffic

Figure 4.2 : Exemple issu de l'association de services à des drivers (feuille « 3A MAP SERV TO DRIV ») [source : Axon Consulting]

4.3. Facteurs de conversion de services en drivers

Une fois les services associés à des drivers, les volumes doivent être convertis pour obtenir des drivers en unités appropriées.

À cette fin, un facteur de conversion a été défini, représentant le nombre d'unités de drivers générées par chaque unité de service de la demande. En général les facteurs de conversion consistent en deux sous-facteurs, conformément à la structure suivante :

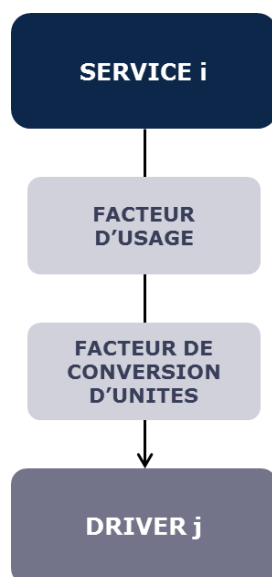


Figure 4.3 : Processus de conversion de services en drivers [source : Axon Consulting]

Le facteur de conversion inclut donc les éléments suivants :

1. Facteur d'usage (UF, « Usage factor »)
2. Facteurs de conversion d'unités (UCF, « Units Conversion Factor »)

Enfin, le rapport entre un service donné et un moteur est obtenu en appliquant la formule ci-dessous :

$$FC = UF * UCF$$

Le **facteur d'usage** (« Usage Factor ») représente le nombre de fois qu'un service utilise une ressource spécifique. Ces facteurs sont définis dans la colonne D de la feuille de calcul « 3A MAP SERV TO DRIV ».

La **conversion d'unité** (« Units Conversion ») représente le besoin d'adapter les unités des services (par ex. service voix en erlangs) en unités utilisées par le driver (par ex. Mbps). Ces facteurs sont définis dans la colonne I de la feuille de calcul « 3A MAP SERV TO DRIV ».

Il est important de noter que, mis à part les deux paramètres ci-dessus, dans le cas de services large bande définis pour différents profils de vitesse (tiering), le modèle tient également compte de la consommation moyenne par utilisateur en heure de pointe (input défini dans la feuille de calcul « 2A INP NW ») pour estimer le trafic total mesuré en Mbps qui devrait être associé à ces services large bande. Ce calcul est réalisé à la feuille de calcul « 5A CALC ADJUSTED DEMAND » du modèle.

5. Analyse géographique

La conception de réseaux d'accès fixes nécessite une analyse approfondie des zones géographiques à couvrir, étant donné que cela aura un impact direct sur la longueur des câbles qu'il faut déployer.

L'objectif principal de cette analyse est de regrouper les emplacements de nœuds (principalement des OFP, Optimized Fibre Points) en géotypes, caractérisant les zones couvertes selon chaque géotype en termes de distance entre les éléments de réseau. Ces informations seront utilisées plus tard pour le dimensionnement du réseau d'accès et d'une partie du réseau de transmission, comme décrit de manière plus détaillée à la section 6.

Les étapes suivies pour la réalisation de l'analyse géographique ont été séparées de la manière suivante selon leur nature :

- ▶ Caractérisation des géotypes
- ▶ Détermination des emplacements de nœuds
- ▶ Calcul des distances entre les éléments de réseau

5.1. Caractérisation des géotypes

Sur la base des informations disponibles au niveau des secteurs sur l'ensemble du territoire, nous avons réalisé une classification de tous les secteurs en géotypes. Le nombre de géotypes a été fixé à 3 afin de représenter 3 types de zones différents : zone urbaine, suburbaine et rurale.

La définition du géotype a été réalisée à l'aide d'une analyse typologique. Cet exercice a été exécuté à l'aide d'un algorithme « k-means », en tenant compte de deux variables principales qui ont été choisies pour caractériser les géotypes :

- ▶ Densité de bâtiments (bâtiments/km²), à savoir le nombre de bâtiments par zone.
- ▶ Densité de ménages (ménages/bâtiment), à savoir le nombre moyen de ménages par bâtiment.

Le processus suivi se composait d'une série d'étapes :

1. Calculer les variables de groupes (« clusters »). La densité de bâtiments et le nombre moyen de ménages par bâtiment ont été calculés au niveau du secteur. Les informations utilisées pour ce calcul proviennent de la base de données interne disponible à l'IBPT, appelée « Atlas ».
2. Mise à l'échelle des deux variables. Avant de réaliser l'exercice de regroupement (« clustering »), les deux variables ont été mises à l'échelle.
3. Exécution de l'algorithme k-means. L'algorithme d'Hartigan et Wong (1979)¹ a été utilisé par défaut.
4. Association des groupes (« clusters ») obtenus à chaque secteur. Une fois les groupes calculés, ceux-ci sont associés à leurs secteurs.

La figure suivante montre le résultat de la caractérisation du géotype :

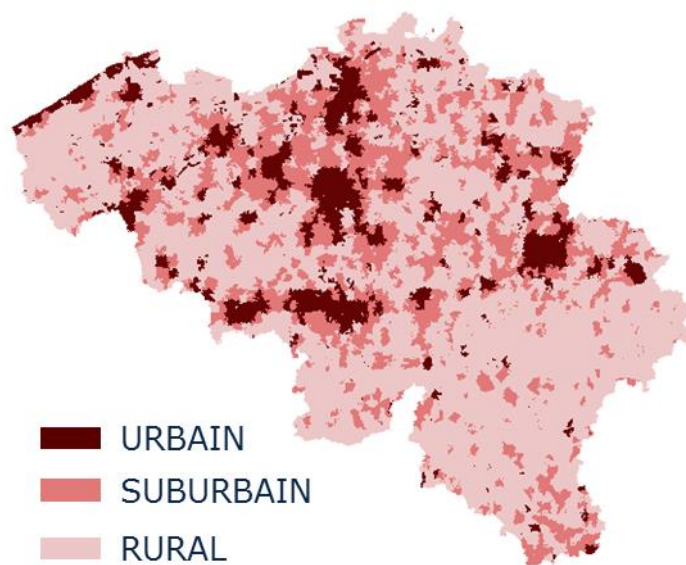


Figure 5.1 : Classification en géotypes des secteurs belges pour l'analyse géographique
[source : Axon Consulting]

Comme le montre la figure ci-dessus, les zones plus denses du pays sont indiquées comme faisant partie du géotype urbain, tandis que les zones moins peuplées font partie du géotype rural.

¹ « A K-Means Clustering Algorithm », par J. A. Hartigan et M. A. Wong. Pour plus de détails voir : https://www.labri.fr/perso/bpinaud/userfiles/downloads/hartigan_1979_kmeans.pdf

5.2. Détermination des emplacements de nœuds

La base de données GIS disponible à l'IBPT contient les coordonnées de tous les bâtiments dans l'ensemble du pays. Ces informations ont été utilisées pour déterminer la position optimale des OFP (Optimized Fibre Points). À cette fin, et à l'instar de la caractérisation du géotype, un algorithme k-means a été utilisé.

Cet algorithme nécessite une définition initiale du nombre de « k » OFP (issu du rapport entre le nombre moyen de bâtiments par OFP) générés arbitrairement dans le domaine des bâtiments.

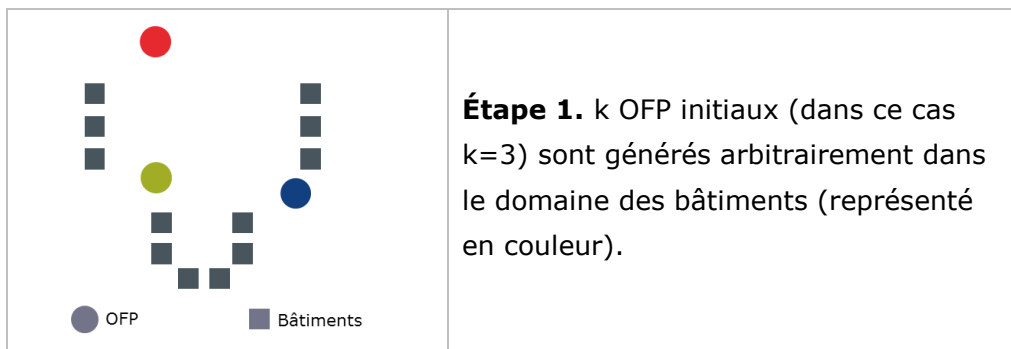
Après cela, l'algorithme associe chaque bâtiment à son OFP le plus proche. Lorsqu'il n'y a plus de bâtiment, la première étape est terminée et un premier regroupement est effectué. À ce stade, k nouveaux OFP doivent être recalculés comme les barycentres des groupes résultant de l'étape précédente. Une fois que les nouveaux emplacements des OFP sont connus, un nouveau lien doit être réalisé entre le même ensemble de bâtiments et leur nouvel OFP le plus proche, créant ainsi une boucle. Du fait de cette boucle, les k OFP changent leur emplacement étape par étape jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de changement.

Cet algorithme vise à minimiser une fonction objectif, en l'occurrence une fonction d'erreur quadratique :

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^j - c_j\|^2$$

Où $\|x_i^j - c_j\|^2$ représente la distance entre un bâtiment x_i^j et un OFP c_j .

Le processus réalisé à l'aide de cet algorithme est présenté dans le tableau ci-dessous :



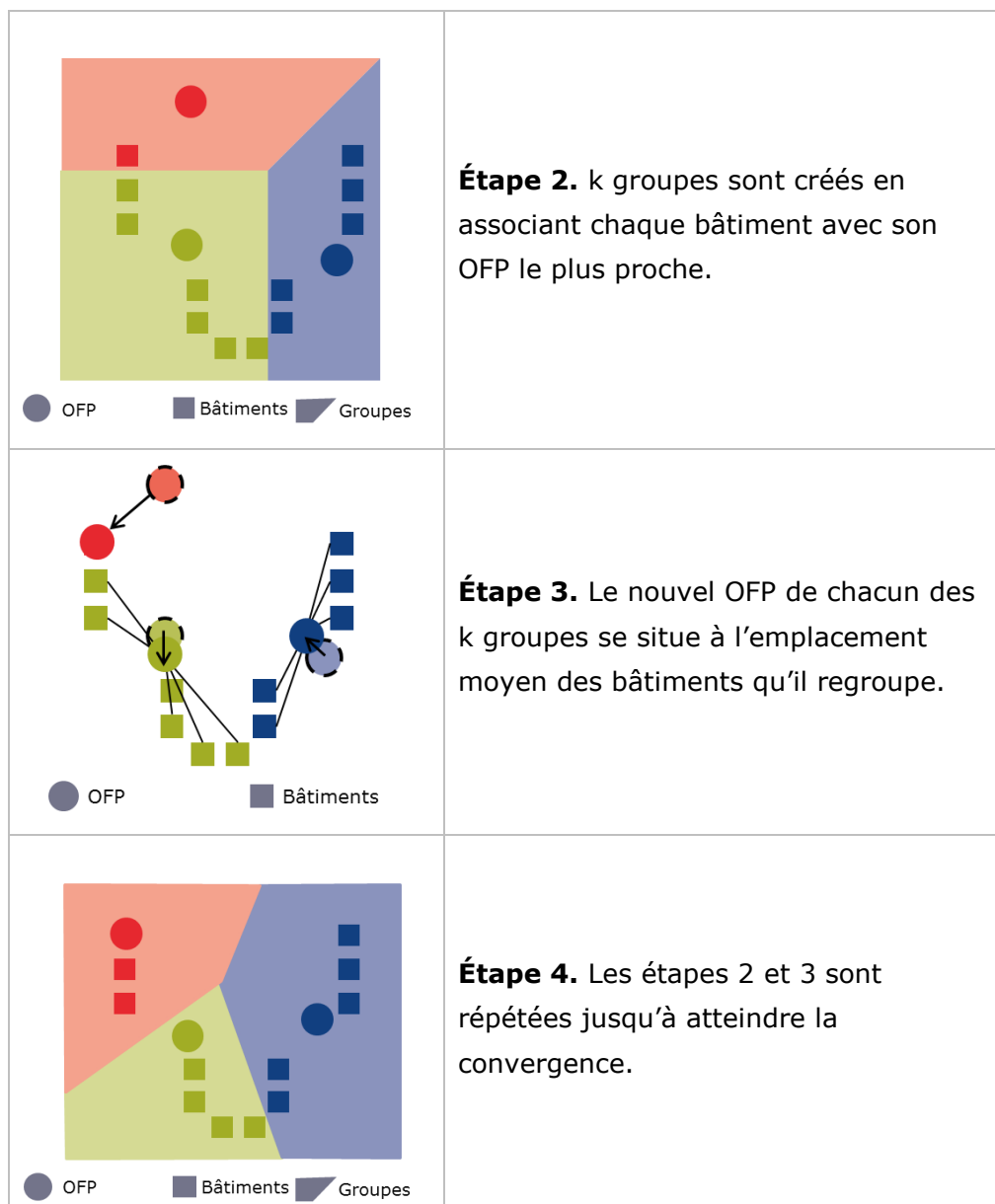


Figure 5.2 : Représentation graphique du processus suivi par l'algorithme de k-means
[source : Axon Consulting]

Cette analyse permet d'obtenir le lieu spécifique où les OFP devraient être placés et, en même temps, donne le regroupement entre les OFP et les bâtiments.

La figure suivante donne un aperçu de la mise en œuvre de cet algorithme dans un géotype URBAIN, où les cercles roses représentent les emplacements optimaux des OFP et les autres cercles montrent les bâtiments associés aux différents OFP.

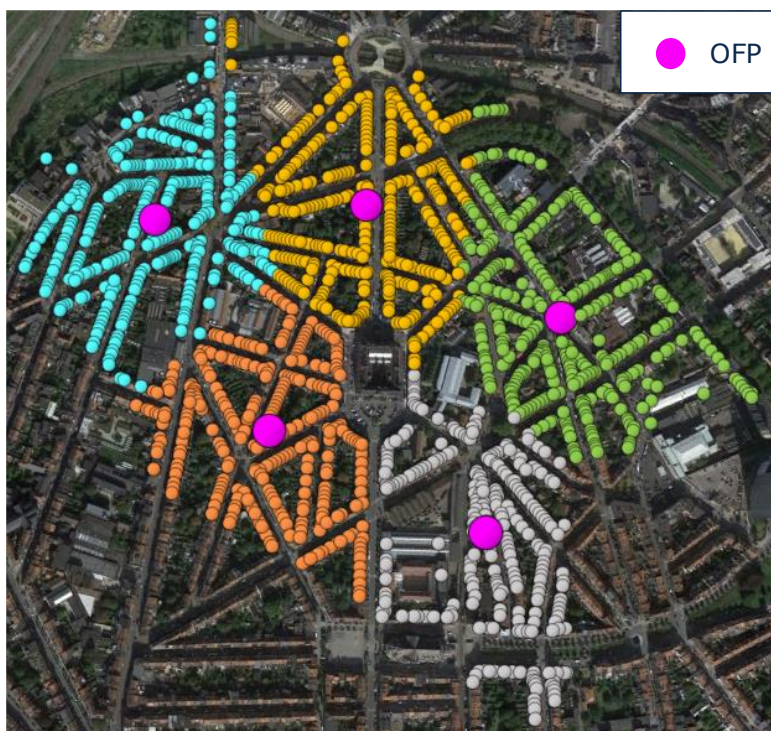


Figure 5.3 : OFP qui devraient être déployés pour une zone située dans un géotype URBAIN
[source : Axon Consulting]

Concernant la position correspondant aux LEX (point d'agrégation suivant après les OFP), il convient de noter que ces informations ont été collectées lors du processus de demande de données, au cours duquel les opérateurs ont indiqué la position exacte de leurs LEX.

Une fois la position des OFP et des LEX connue, le calcul des distances entre les éléments du réseau est réalisé dans la section suivante.

5.3. Calcul des distances entre les éléments de réseau

Le calcul des distances entre les éléments de réseau est réalisé en mettant en œuvre un algorithme arborescent de distance minimum ("Minimum Distance Tree").

Une fois toutes les informations relatives à la position des éléments de réseau au sein du réseau d'accès connues, l'étape suivante consiste à caractériser les liens entre eux.

Les connexions entre les différents éléments de réseau (par ex. des bâtiments aux OFP et des OFP aux LEX) ont été conçues en utilisant la topologie arborescente de distance minimum comme référence. La philosophie de cet algorithme est expliquée ci-dessous pour la connexion entre les bâtiments et les OFP :

1. Le bâtiment de départ « a₁ » est le terme qui minimise la formule suivante

$$\sum_{\forall b} d(a_1, b)$$

Où d(x,y) représente la distance du bâtiment a au bâtiment b.

2. Pour obtenir le prochain bâtiment « a_i » (où « i » représente l'indice d'exécution), l'on obtient les distances des bâtiments qui ne sont pas encore connectés à ceux qui sont déjà connectés.
3. La distance minimale parmi celles obtenues à l'étape 2 est sélectionnée. La distance est liée au lien entre un bâtiment déjà connecté et le nouveau bâtiment a_i.
4. Si des bâtiments ne sont pas connectés, l'on répète le processus de l'étape 2.

Une fois le processus terminé pour les connexions entre les bâtiments et les OFP, il est répété pour les connexions entre les OFP et les LEX pour caractériser toutes les connexions nécessaires au sein du réseau d'accès. Ce calcul permet d'obtenir les distances entre les éléments du réseau pour chaque géotype.

Cet algorithme a été appliqué aux liaisons entre les bâtiments et les OFP et celles entre les OFP et les LEX.

L'illustration suivante donne un aperçu des liaisons dimensionnées entre les bâtiments et l'OFP dans un géotype URBAIN.



Figure 5.4 : Illustration des résultats de l'algorithme arborescent minimum entre les bâtiments et leur OFP dans un géotype URBAIN [source : Axon Consulting]

Sur la base de toutes les informations extraites des étapes précédentes, la dernière étape consiste à traiter ces données pour les rendre utilisables au sein du modèle BULRIC.

En tenant compte de la topologie arborescente de distance minimum détaillée ci-dessus, des liaisons peuvent être regroupées séquentiellement pour réduire les coûts d'excavation, de pose de fourreaux et de câblage. La figure ci-dessous illustre ces regroupements :

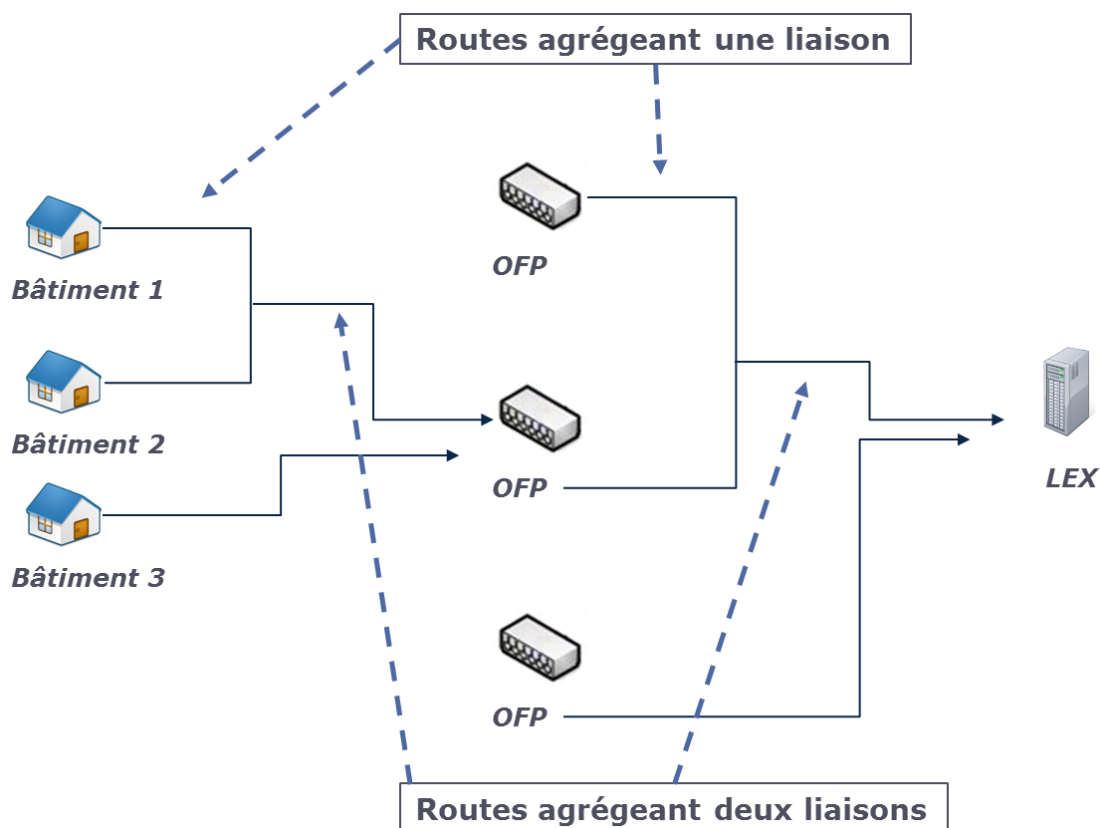


Figure 5.5 : Exemple de connexion d'éléments de réseau utilisant une topologie arborescente de distance minimum [source : Axon Consulting]

La mise en œuvre d'une topologie arborescente de distance minimum au niveau de la géographie du pays afin de calculer les routes de réseau entre les différents éléments de réseau permet d'obtenir la distance moyenne des liaisons aux différentes étapes du réseau d'accès. Le tableau suivant donne un exemple des résultats de l'analyse géographique qui seront utilisés en tant qu'inputs dans le modèle BULRIC.

Distance moyenne du DTP/bâtiment à l'OFF	Distance moyenne par DTP (mètres)		
	URBAIN	SUBURBAIN	RURAL
Agrégation d'1 liaison	7,75	13,63	22,29
Agrégation de 2 liaisons	8,50	14,10	22,60
Agrégation de 3 liaisons	8,97	14,70	22,57
Agrégation de 4 liaisons	8,92	14,18	21,31
Agrégation de 5 liaisons	8,59	13,57	20,13
Agrégation de 6 liaisons	8,00	12,32	17,62
Agrégation de 7 liaisons	7,18	10,97	17,23
Agrégation de 8 liaisons	6,65	10,00	14,64
Agrégation de 9 liaisons	5,68	9,21	13,01
Agrégation de 10 liaisons	4,98	7,91	11,78
Agrégation de 11 liaisons	4,42	7,47	10,41
Agrégation de 12 liaisons	3,85	6,28	9,23
Agrégation de 13 liaisons	3,27	5,48	8,25
Agrégation de 14 liaisons	2,94	4,77	7,33
Agrégation de plus de 14 liaisons	19,88	39,64	77,32
TOTAL	109,56	184,23	295,71

Distance moyenne de l'OFF au LEX	Distance moyenne par OFF (mètres)		
	URBAIN	SUBURBAIN	RURAL
Agrégation d'1 liaison	104,82	100,14	145,52
Agrégation de 2 liaisons	121,27	93,57	129,38
Agrégation de 3 liaisons	110,62	83,16	158,15
Agrégation de 4 liaisons	59,77	75,32	114,18
Agrégation de 5 liaisons	72,78	82,21	96,63
Agrégation de 6 liaisons	77,28	50,48	49,59
Agrégation de 7 liaisons	88,96	55,57	87,23
Agrégation de 8 liaisons	107,48	65,31	354,07
Agrégation de 9 liaisons	107,73	85,73	476,32
Agrégation de 10 liaisons	219,22	108,33	147,40
Agrégation de 11 liaisons	220,69	101,01	39,99
Agrégation de 12 liaisons	112,90	170,84	14,78
Agrégation de 13 liaisons	87,84	185,09	48,28
Agrégation de 14 liaisons	-	181,04	96,48
Agrégation de plus de 14 liaisons	1 072,67	3 472,31	2 258,98
TOTAL	2 564,03	4 910,13	4 216,98

Figure 5.6 : Tableaux illustrant les résultats obtenus pour les distances entre les éléments de réseau en suivant une topologie arborescente de distance minimum [source : Axon Consulting]

6. Module de dimensionnement

Le module de dimensionnement vise à concevoir le réseau et à calculer le nombre de ressources de réseau nécessaires pour répondre à la demande et aux niveaux de couverture de l'opérateur de référence. Cette section a été divisée en trois sections de réseau qui sont décrites de manière détaillée ci-dessous :

- ▶ Dimensionnement du réseau d'accès (dépendant du géotype)
- ▶ Dimensionnement du réseau de transmission (indépendant du géotype)
- ▶ Dimensionnement du réseau cœur (indépendant du géotype)

6.1. Dimensionnement du réseau d'accès (dépendant du géotype)

Le module de réseau d'accès vise à concevoir le déploiement de la fibre optique pour le réseau d'accès et à calculer le nombre de ressources de réseau nécessaires pour répondre à la demande et aux niveaux de couverture de l'opérateur de référence au niveau du géotype. Ce processus est réalisé à la feuille de calcul « 6A CALC DIM ACCESS » du Modèle.

Afin de mieux comprendre cette procédure de dimensionnement, la figure suivante donne un aperçu de l'architecture du réseau qui est modélisé, avec la nomenclature utilisée pour les différents éléments :

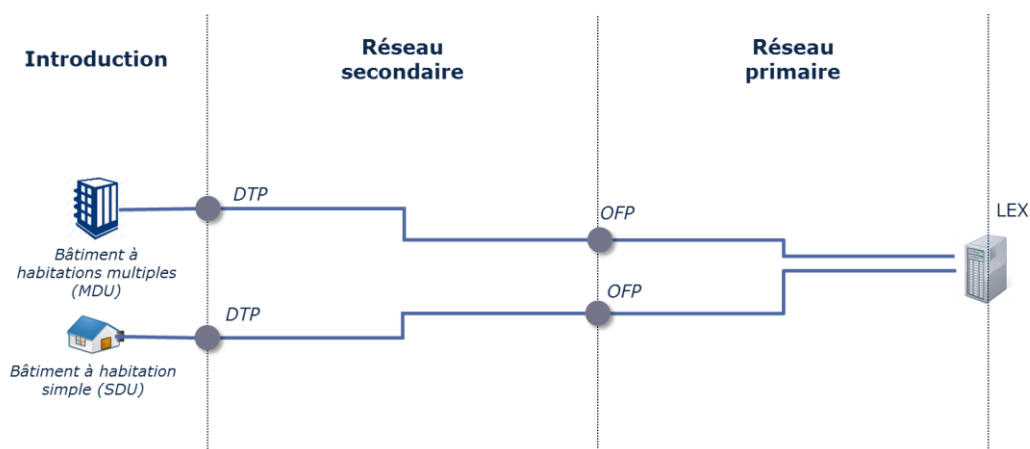


Figure 6.1 : Architecture du réseau d'accès modélisé [source : Axon Consulting]

Le réseau d'accès inclut les éléments de réseau allant des habitations des utilisateurs aux centres locaux (Local Exchanges ou LEX). L'on peut y identifier les éléments de réseau suivants :

- ▶ **Dans le bâtiment (câble d'introduction, « drop cable » ou encore lead-in)** : représente les câbles de fibre optique situés généralement à l'intérieur du bâtiment (bien que parfois cette connexion puisse se faire via la façade) et connectant l'habitation du client au premier points de connexion au réseau de l'opérateur (DTP dans le case des bâtiments à habitations simples ou l'entrée du bâtiment – Building Entry – dans le cadre des bâtiments – habitations multiples). Veuillez noter que cet élément a été modélisé en tant que nombre d'unités au lieu de longueur de câble.
- ▶ **Distributed Termination Point (DTP)** : représente la boîte installée pour servir les bâtiments à habitations simples ou multiples (SDU et MDU, *single-dwelling unit* et *multiple-dwelling unit*) qui contient le premier splitter, permettant de relier les câbles d'introduction du bâtiment au réseau secondaire.
- ▶ **Réseau secondaire** : représente la section du réseau de fibre optique connectant le DTP et l'OFD. Cela inclut les câbles de fibre optique ainsi que l'infrastructure requise pour les héberger (tranchées, fourreaux, chambres de visite, etc.).
- ▶ **Optimized Fiber Point (OFD)** : représente le deuxième splitter qui combine un certain nombre de câbles de fibre optique par le biais de la technique par répartition (« splitting »). Ce point sépare le réseau secondaire du réseau primaire.
- ▶ **Réseau primaire** : représente la section du réseau de fibre optique connectant l'OFD et le LEX. Cela inclut les câbles de fibre optique ainsi que l'infrastructure requise pour les héberger (tranchées, fourreaux, chambres de visite, etc.).
- ▶ **Centre local (LEX)** : constitue le siège du réseau d'accès. Il rassemble les OFD dans la même zone et contient le répartiteur optique principal (Optical Main Distribution Frame ou OMDF) et le terminal de ligne optique (Optical Line Terminal ou OLT).

Sur la base de l'architecture de réseau décrite ci-dessus, le signal circule du bâtiment jusqu'au DTP et est dirigé vers l'OFD qui est finalement agrégé dans l'OMDF (à l'intérieur du LEX).

Le dimensionnement du réseau d'accès est réalisé séparément pour chacun des géotypes pris en compte, afin de refléter avec précision l'impact des caractéristiques géographiques sur le déploiement. Cette approche a été divisée en deux blocs différents, à savoir :

- ▶ Dimensionnement des câbles de fibre optique et des éléments d'infrastructure civile
- ▶ Dimensionnement de l'équipement du réseau d'accès

Chacune des sections suivantes fournit de plus amples détails sur les algorithmes techniques utilisés dans chaque cas.

6.1.1. Dimensionnement des câbles de fibre optique et des éléments d'infrastructure civile

Le dimensionnement du câblage et des éléments d'infrastructure civile est organisé en quatre blocs, comme représenté dans la figure ci-dessous.

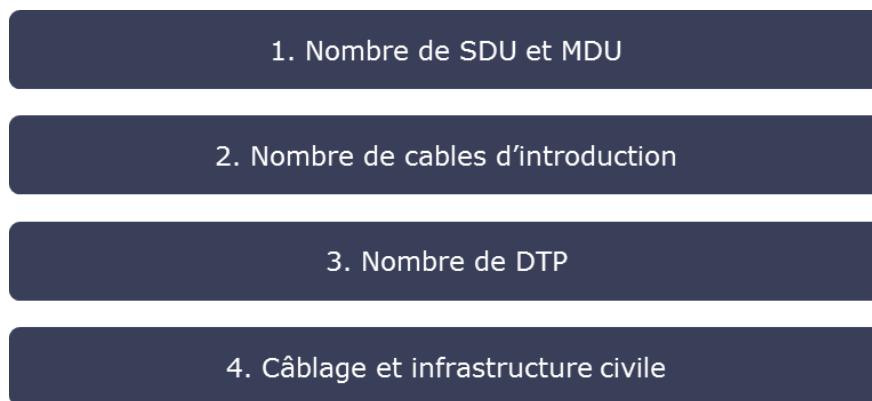


Figure 6.2 : Étapes pour le dimensionnement du câblage et des éléments d'infrastructure civile [source : Axon Consulting]

1 Nombre de SDU et de MDU

Le nombre de ces éléments est calculé selon l'algorithme présenté ci-dessous :

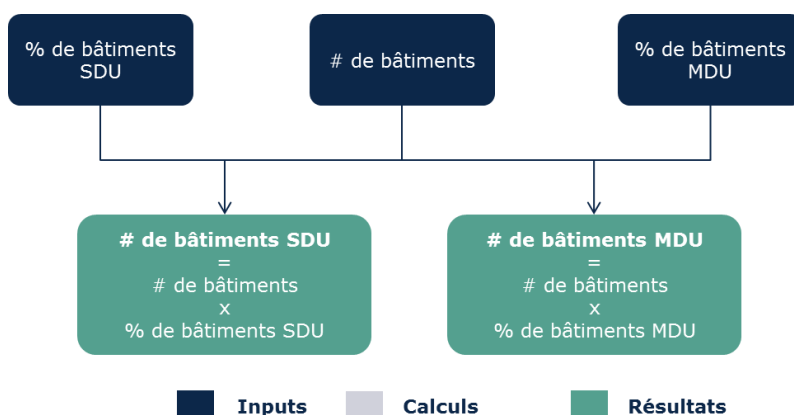


Figure 6.3 : Algorithme pour calculer le nombre de SDU et MDU [source : Axon Consulting]

Le nombre de bâtiments couverts est multiplié par le pourcentage de bâtiments qui sont des SDU ou des MDU, permettant d'obtenir le nombre correspondant d'unités de SDU et de MDU couvertes.

2 Nombre de câbles d'introduction (« Drop cables »)

Le nombre de câbles d'introduction est calculé comme indiqué à la figure suivante :

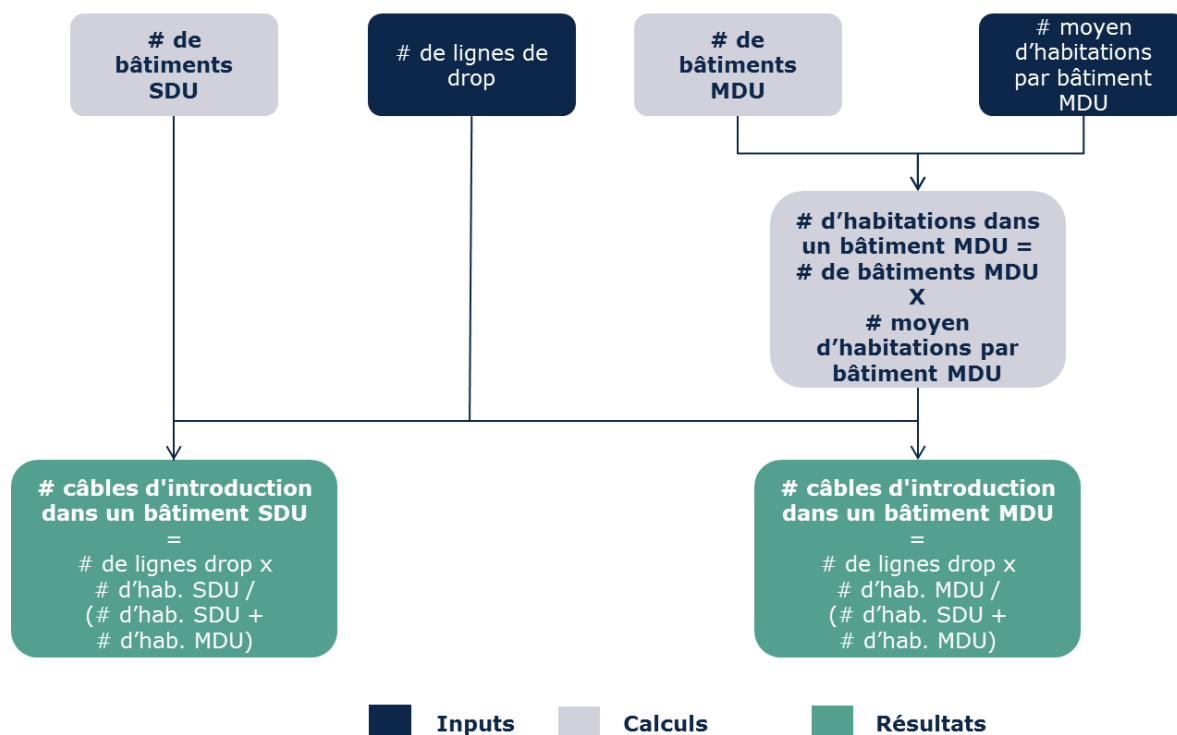


Figure 6.4 : Algorithme pour le calcul du nombre d'unités d'introduction dans les SDU et MDU [source : Axon Consulting]

La première étape consiste à calculer le nombre de ménages dans les bâtiments MDU couverts, en multipliant le nombre de bâtiments MDU couverts par le nombre moyen de ménages par bâtiment MDU. Par définition, on attribue une valeur de 1 ménage dans le cas d'un SDU. Après cela, le nombre de drop cables est réparti en nombre d'introductions en SDU et MDU sur la base du nombre de ménages passés dans chaque type (SDU et MDU). Le nombre de câbles d'introduction pris en compte dépend de la sélection réalisée par l'utilisateur dans le panneau de contrôle du modèle pour le paramètre « Drop cable (Lead – In) scenario » :

- ▶ « *Not considering the cost of the drop cable* » (Ne pas tenir compte du coût du câble d'introduction) : le nombre de câbles d'introduction est fixé à zéro.
- ▶ « *Considering the cost of the drop cable of all terminated dwellings* » (Tenir compte du coût du câble d'introduction de toutes les habitations raccordées) : le nombre de câbles d'introduction pris en compte équivaut au nombre de ménages/habitations raccordés. Par « raccordé » (« terminated »), le modèle

entend tous les ménages/habitations pour lesquels une connexion entre les locaux du client et le premier point de connexion du réseau de l'opérateur a été effectuée, même si le client n'a pas encore souscrit de services FTTH. Toutefois, la connexion nécessaire serait déjà prête s'il devait décider d'y souscrire plus tard.

En plus de ce qui précède, le modèle tient également compte du fait que dans le cas d'unités d'habitations multiples (Multi Dwelling Units ou MDU), le câble d'introduction n'est pas directement connecté depuis l'habitation du client jusqu'au DTP, mais à un point intermédiaire du réseau, appelé entrée du bâtiment « building entry »), qui se situe généralement au rez-de-chaussée du bâtiment. Le nombre de ces entrées de bâtiment est estimé comme étant équivalent au nombre de bâtiments MDU passés.

3 Nombre de DTP

Le nombre de DTP et leurs configurations différentes (DTP sur façade et souterrain pour SDU et MDU respectivement) sont calculés en tenant compte du nombre de ménages de chaque type couvert, comme indiqué dans la figure suivante :

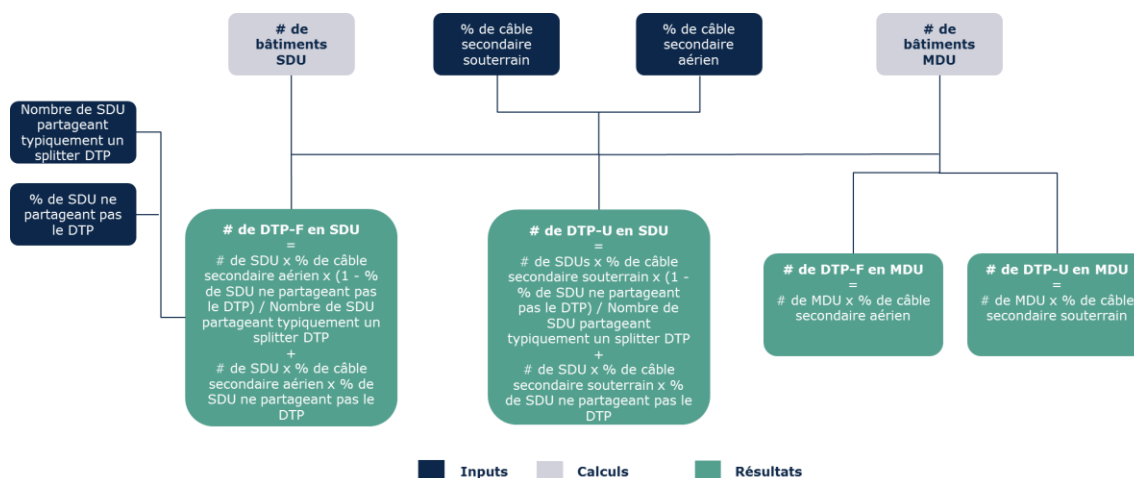


Figure 6.5 : Algorithme pour calculer le nombre de DTP selon la configuration [source : Axon Consulting]

Les DTP sont désagrégés en unités installées sur façade ou souterraines sur la base du pourcentage de câble secondaire aérien ou souterrain. De plus, les SDU peuvent partager un splitter DTP. Ce cas est pris en compte, incluant le pourcentage de SDU qui partagent le DTP et le nombre de SDU qui partagent typiquement un splitter DTP (généralement 2).

4 Câblage et infrastructure civile

Le dimensionnement du câblage et de l'infrastructure civile est structuré en deux étapes :

- ▶ Calcul du nombre de kilomètres de câble de fibre optique dans le réseau d'accès.
- ▶ Calcul des éléments d'infrastructure civile basés sur le câblage déployé.

4.1 Câblage du réseau d'accès

La première étape consiste à calculer le nombre total de kilomètres de câble de fibre optique nécessaires pour couvrir le réseau d'accès. Ces calculs sont séparés en deux sections physiques, selon chaque segment de réseau (voir Figure 6.1 pour l'architecture du réseau) :

- ▶ Réseau secondaire (DTP-OFP)
- ▶ Réseau primaire (OFP-LEX)

Les résultats de l'analyse géographique (voir section 5) sont pris en tant qu'inputs pour calculer les kilomètres de fibre au sein du réseau d'accès.

Réseau secondaire (DTP-OFP)

La figure suivante illustre la méthodologie suivie pour les câbles de fibre optique dans le réseau secondaire :

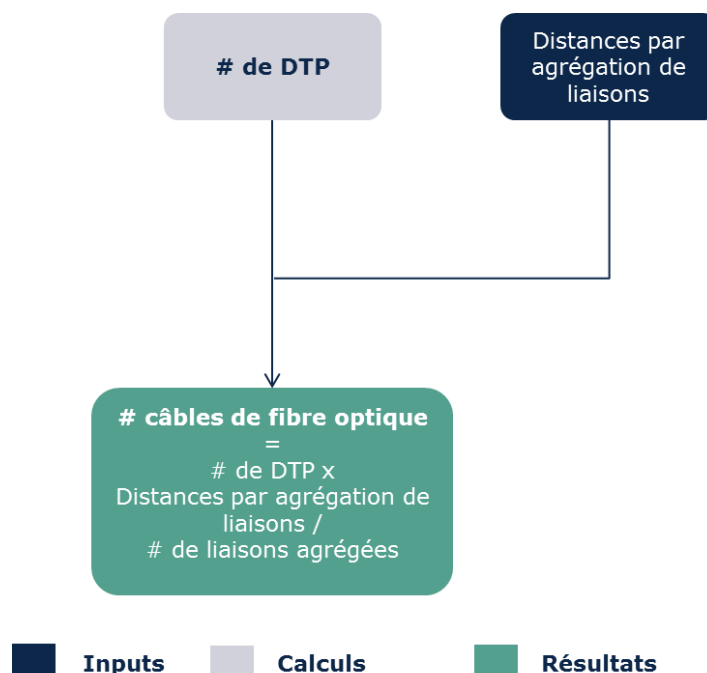


Figure 6.6 : Algorithme pour calculer le nombre de kilomètres de câble de fibre optique dans le réseau secondaire [source : Axon Consulting]

Le paramètre « Distances par liaisons d’agrégation » est issu des résultats de l’analyse géographique et fournit des informations sur les distances au sein de la section du réseau d’accès pour les différentes agrégations de liaisons. La figure suivante montre un exemple d’agrégation de liaisons au sein du réseau.

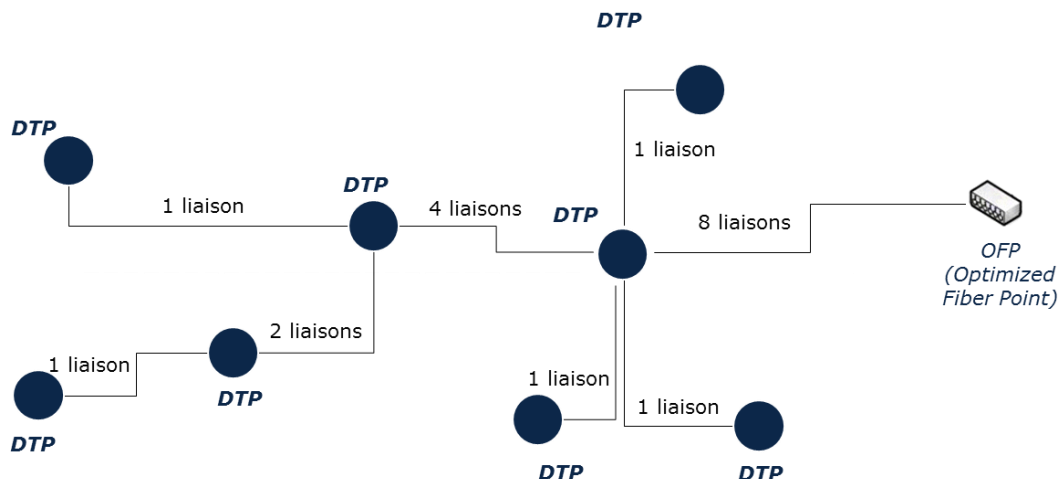


Figure 6.7 : Exemple d’agrégation de liaisons [source : Axon Consulting]

Ces informations sur les distances sont ensuite combinées au nombre de DTP pour calculer la longueur totale de câble de fibre optique dans le réseau secondaire. Ci-dessous, un exemple de calcul, étape par étape :

Étape 1 : Calcul de la distance moyenne de câble de fibre optique associée à chaque DTP individuel

Nombre de liaisons agrégées entre DTP et OFP	Distance moyenne (mètres) [A]	Nombre de DTP agrégés (équivalent au nombre de fibres) [B]	Taille de câble utilisée [C] ²	Nombre de câbles requis [D]	Distance moyenne de câble de fibre optique associée à chaque DTP individuel et configuration correspondante en nombre de fibres (mètres) [A] x [D] / [B]
Agrégation d'1 liaison	7,75	1	1	1	7,75 (d'1 fibre)
Agrégation de 2 liaisons	8,50	2	6	1	4,25 (de 6 fibres)
Agrégation de 3 liaisons	8,97	3	6	1	2,99 (de 6 fibres)
Agrégation de 4 liaisons	8,92	4	6	1	2,23 (de 6 fibres)
Agrégation de 5 liaisons	8,59	5	6	1	1,72 (de 6 fibres)
Agrégation de 6 liaisons	8,00	6	6	1	1,33 (de 6 fibres)
Agrégation de 7 liaisons	7,18	7	12	1	1,03 (de 12 fibres)
Agrégation de 8 liaisons	6,65	8	12	1	0,83 (de 12 fibres)
Agrégation de 9 liaisons	5,68	9	12	1	0,63 (de 12 fibres)
Agrégation de 10 liaisons	4,98	10	12	1	0,50 (de 12 fibres)
Agrégation de 11 liaisons	4,42	11	12	1	0,40 (de 12 fibres)
Agrégation de 12 liaisons	3,85	12	12	1	0,32 (de 12 fibres)
Agrégation de 13 liaisons	3,27	13	20	1	0,25 (de 20 fibres)
Agrégation de 14 liaisons	2,94	14	20	1	0,21 (de 20 fibres)
Agrégation de plus de 14 liaisons	19,88	15	20	1	1,33 (de 20 fibres)
TOTAL	109,56	-	-	-	25,77

² Veuillez noter que des configurations de 1, 6, 12, 20 et 24 fibres sont disponibles.

Étape 2 : Calcul de la longueur totale de câbles de fibre optique dans le réseau secondaire pour le géotype analysé

Paramètre	Valeur
Nombre de DTP [n]	100 ³
Longueur moyenne de câble de fibre associée à chaque DTP individuel (mètres) [d]	25,77
Longueur totale de câbles de fibre (mètres) [n] x [d]	2,577

Figure 6.8 : Exemple de calcul de distance [source : Axon Consulting]

Comme l'on peut déduire de la figure ci-dessus, le nombre de kilomètres de câble de fibre optique associés à un DTP est calculé en tenant compte du nombre de DTP agrégés à chaque stade du réseau, ce qui correspond au nombre de liaisons agrégées.

Enfin, la multiplication d'une telle distance individuelle par le nombre total de DTP donne le nombre total de kilomètres de câble de fibre optique dans le réseau secondaire. Il est important de noter que, même à l'étape 2 présentée ci-dessus, la longueur totale de câble de fibre optique (25,77 mètres) par DTP a été prise en compte dans son ensemble. Ce calcul est réalisé dans le modèle individuellement pour chaque configuration de câbles (en termes de nombre de fibres).

Le calcul ci-dessus est réalisé quatre fois, pour chaque type de bâtiment :

- ▶ SDU avec DTP sur façade
- ▶ SDU avec DTP souterrain
- ▶ MDU avec DTP sur façade
- ▶ MDU avec DTP souterrain

Il convient également de noter que le type de câble utilisé (souterrain ou aérien) est directement déterminé par le type de DTP utilisé : le DTP sur façade utilise un câble aérien tandis que le DTP souterrain utilise un câble souterrain.

Enfin, le nombre de jonctions de fibre (« splices ») est calculé comme le nombre total de km de fibres optiques et divisé par le paramètre « Nombre moyen de jonctions de fibre par km de fibre ».

³ Valeur hypothétique pour cet exemple.

Réseau primaire (OFP-LEX)

Pour la longueur de câble de fibre optique au sein du réseau primaire, les calculs sont identiques à ceux réalisés pour le réseau secondaire (voir ci-dessus), en tenant en compte que :

- ▶ Le nombre de DTP est désormais remplacé par les OFP pour refléter le segment de réseau depuis l'OFP jusqu'au centre local. Le calcul des unités OFP est expliqué de manière détaillée à la section 6.1.2.
- ▶ Les distances moyennes par nombre de liaisons agrégées sont différentes et spécifiques pour cette section du réseau.
- ▶ Un seul calcul est nécessaire (au lieu de quatre) puisque la même configuration d'OFP est utilisée pour agréger tous les types de bâtiments.

4.2 Infrastructure civile au sein du réseau d'accès

Le calcul des éléments d'infrastructure civile est fortement conditionné par le type de câble installé (souterrain ou aérien). Les kilomètres de tranchées et de fourreaux sont calculés comme indiqué dans le schéma suivant :

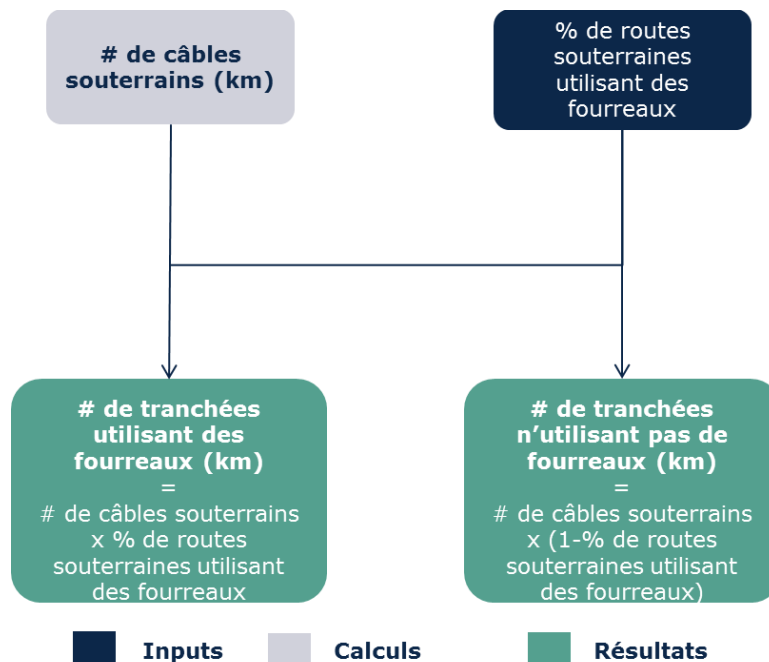


Figure 6.9 : Algorithme pour le calcul des kilomètres de tranchées utilisant ou non des fourreaux au sein du réseau d'accès [source : Axon Consulting]

Les kilomètres de câble souterrain sont désagrégés entre les tranchées utilisant ou non des fourreaux. Le pourcentage de routes enterrées utilisant des fourreaux est différent pour chaque section du réseau.

En complément de ce qui précède, le modèle tient également compte du fait qu'au sein du réseau primaire il est aussi possible de réutiliser les actifs d'infrastructure civile existants utilisés précédemment pour des services xDSL pour l'accueil des nouveaux câbles FTTH. Afin de prendre cet aspect en compte, le modèle part du principe qu'un pourcentage de tranchées/fourreaux peut être partagé entre les services xDSL et FTTH. Il part également du principe que, si possible, le coût associé à ces actifs devrait être réparti selon un rapport 50 % - 50 % entre les deux groupes de services.

Les chambres de visite et poteaux tiennent aussi compte du type de câble installé, comme suit :

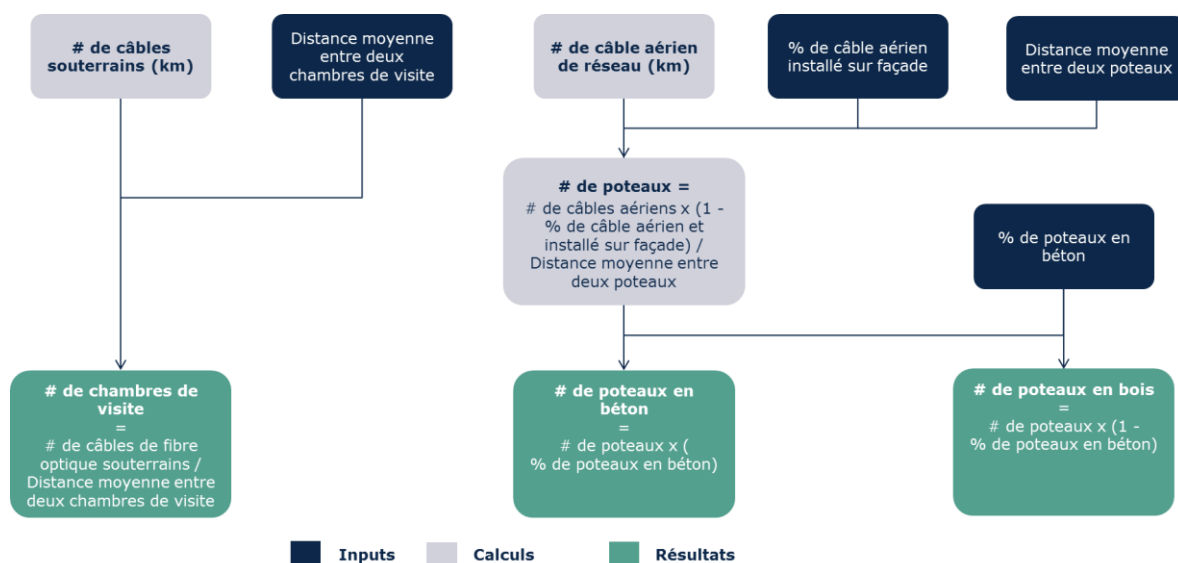


Figure 6.10 : Algorithme pour calculer le nombre de chambres de visite et de poteaux dans le réseau secondaire [source : Axon Consulting]

De manière similaire aux tranchées et fourreaux, les paramètres utilisés pour calculer les chambres de visite et poteaux sont spécifiques à chaque section de réseau. La distance moyenne entre chambres de visite et poteaux est utilisée pour diviser la longueur totale de câble de fibre optique par section de réseau, donnant le nombre de chambres de visite et de poteaux dans chaque section. Enfin, les poteaux sont désagrégés entre les poteaux en béton et les poteaux en bois.

6.1.2. Dimensionnement de l'équipement du réseau d'accès

Les éléments du réseau d'accès comprennent les composants du réseau que l'on retrouve dans un réseau de fibre optique :

- Optimized Fiber Point (OFP).

- Centre local (LEX), qui contient les appareils OMDF et OLT.

Le calcul des éléments du réseau d'accès est effectué comme indiqué dans la figure suivante :

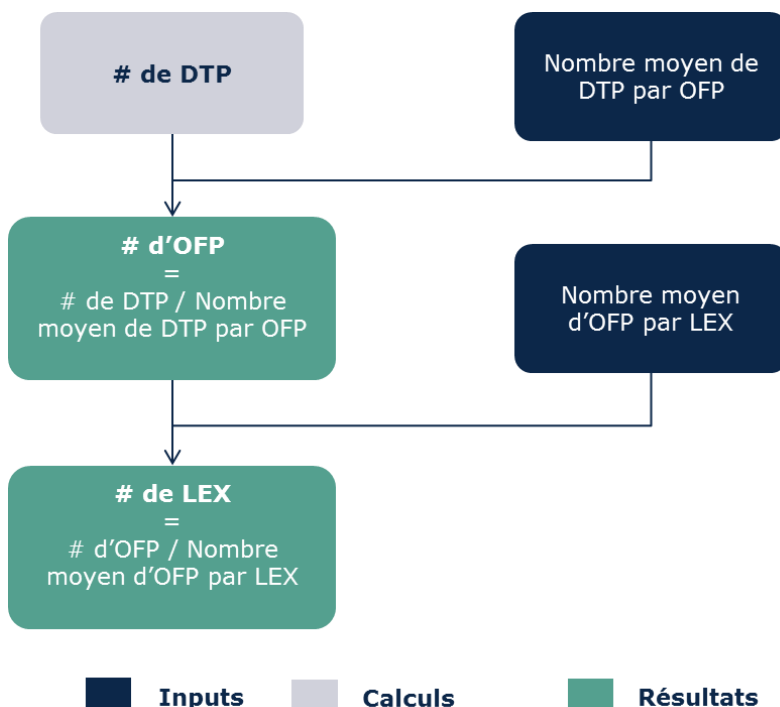


Figure 6.11 : Algorithme pour calculer le nombre d'éléments du réseau d'accès [source : Axon Consulting]

Comme le montre la figure, le calcul suit un mouvement de cascade au sein duquel chaque élément du réseau d'accès est obtenu à partir du nombre d'éléments du niveau d'agrégation précédent.

Enfin, le nombre de composants d'OLT et d'OMDF est calculé en tenant compte de l'algorithme nécessaire suivant :

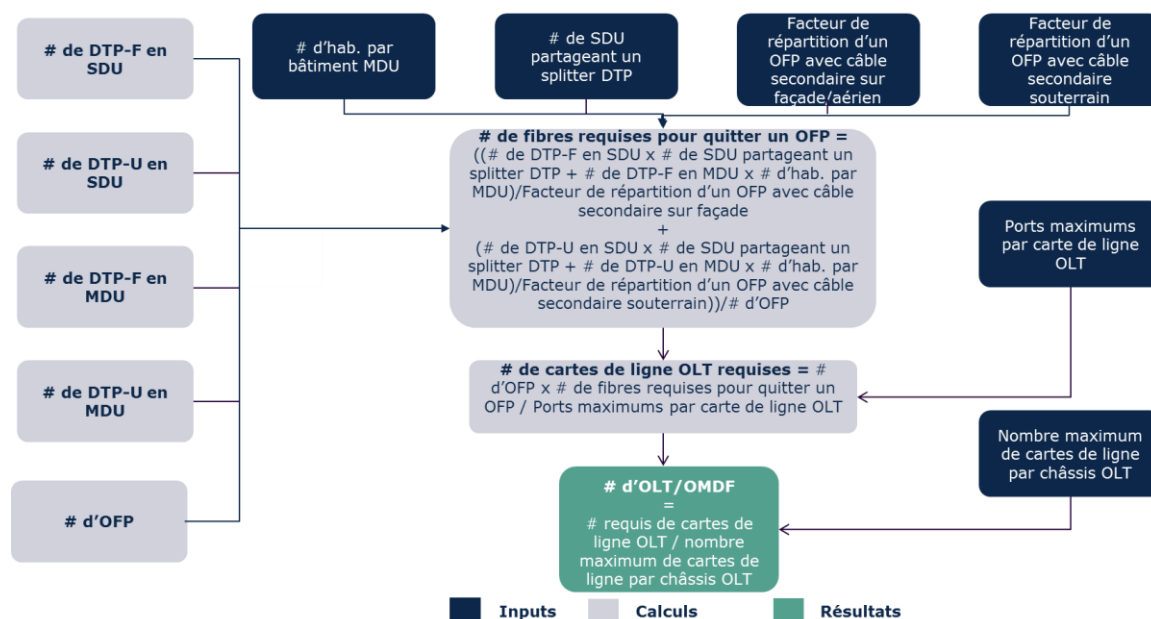


Figure 6.12 : Algorithme pour calculer le nombre d'OLT et d'OMDF [source : Axon Consulting]

Comme le montre la figure ci-dessus, la première étape pour déterminer le nombre d'OLT et d'OMDF est de calculer le nombre de fibres qui devraient partir depuis un OFP. Ce calcul est réalisé en tenant compte du facteur de répartition de l'OFP. Une fois que le nombre de fibres est connu, le nombre d'OLT et d'OMDF est obtenu en tenant compte du nombre maximum de ports par carte de ligne (chaque fibre optique sera connectée à un port) et du nombre maximum de cartes de ligne par châssis d'OLT.

6.2. Dimensionnement du réseau de transmission (indépendant du géotype)

Le module de transmission est responsable du dimensionnement des interconnexions requises de l'équipement qui ont lieu entre le réseau d'accès et le réseau cœur. Ce module dimensionne toutes les liaisons depuis les nœuds locaux (situés dans les centres locaux) jusqu'aux nœuds cœurs, ainsi que les connexions entre ces deux éléments. Ce processus a lieu au début (bloc 1) de la feuille de calcul « 7A CALC DIM CORE » du modèle.

Le réseau de transmission modélisé peut être divisé en deux étapes différentes, selon les éléments de réseau liés, comme décrit ci-dessous :

- Nœud local - nœud cœur : cette partie du réseau connecte les nœuds locaux aux nœuds cœurs des opérateurs.

- Nœud cœur - nœud cœur : représente les connexions entre les emplacements cœurs des opérateurs.

En fonction la réalité des opérateurs belges, des topologies en boucle ont été prises en compte pour les connexions de réseau. La figure ci-dessous illustre le réseau de transmission pris en compte :

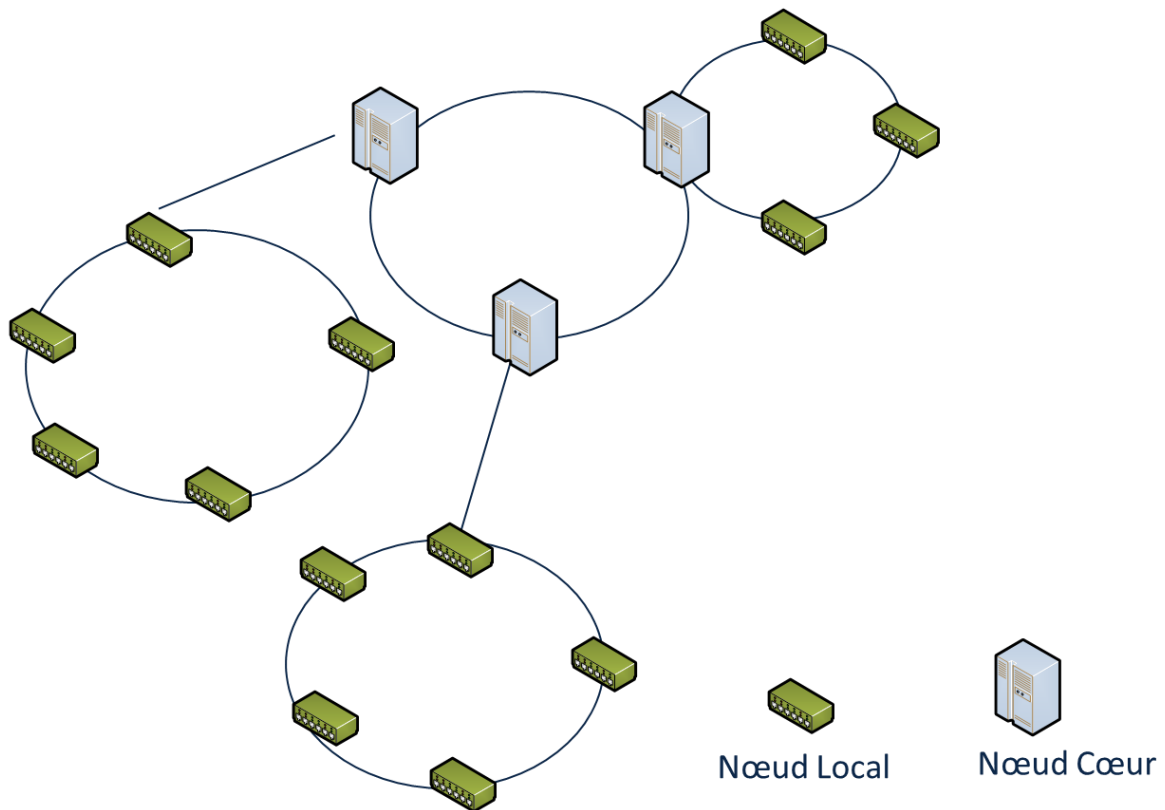


Figure 6.13 : Aperçu de l'architecture générale prise en compte dans le réseau de transmission [source : Axon Consulting]

La dimension des liaisons de transmission a été optimisée en prenant en considération la position des éléments de réseau des opérateurs. Plus spécifiquement, les informations fournies par les opérateurs ont été prises en compte pour déterminer les différentes boucles dans le pays en termes de longueur.

Le dimensionnement des liaisons de transmission tient compte de trois technologies différentes (fibre DWDM, fibre Ethernet et micro-ondes) et sélectionne l'alternative la moins chère disponible permettant de gérer le trafic de la liaison. Il convient également de noter qu'actuellement aucune liaison micro-ondes n'est utilisée par les opérateurs belges, raison pour laquelle la disponibilité de ce type de liaison a été fixé à zéro dans le modèle.

Le pourcentage de trafic qui circulera via chaque liaison est introduit sur la base du pourcentage d’installations actives pour lesquelles le trafic associé devra circuler via cette liaison.

L’algorithme de dimensionnement qui a été suivi dans le dimensionnement du réseau de transmission a été organisé en quatre étapes comme indiqué ci-dessous :

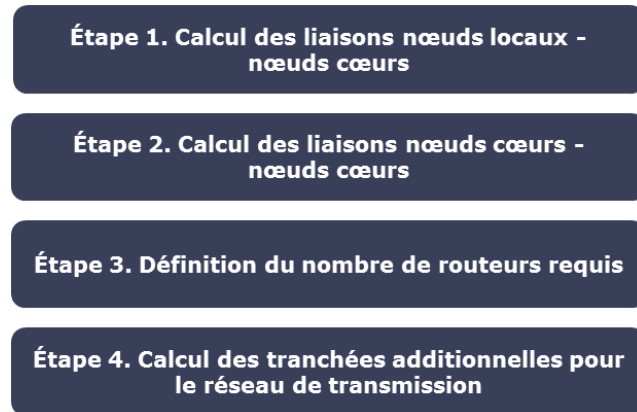


Figure 6.14 : Étapes pour le dimensionnement du réseau de transmission [source : Axon Consulting]

6.2.1. Étape 1. Calcul des liaisons nœuds locaux - nœuds cœurs

Tout d’abord, le modèle calcule le nombre de liaisons qui seraient requises selon chaque technologie, sur la base de leur débit. En connaissant le nombre requis de liaisons, le modèle calcule les coûts associés et sélectionne l’alternative la plus économique parmi celles qui sont disponibles, comme présenté dans l’illustration ci-dessous :

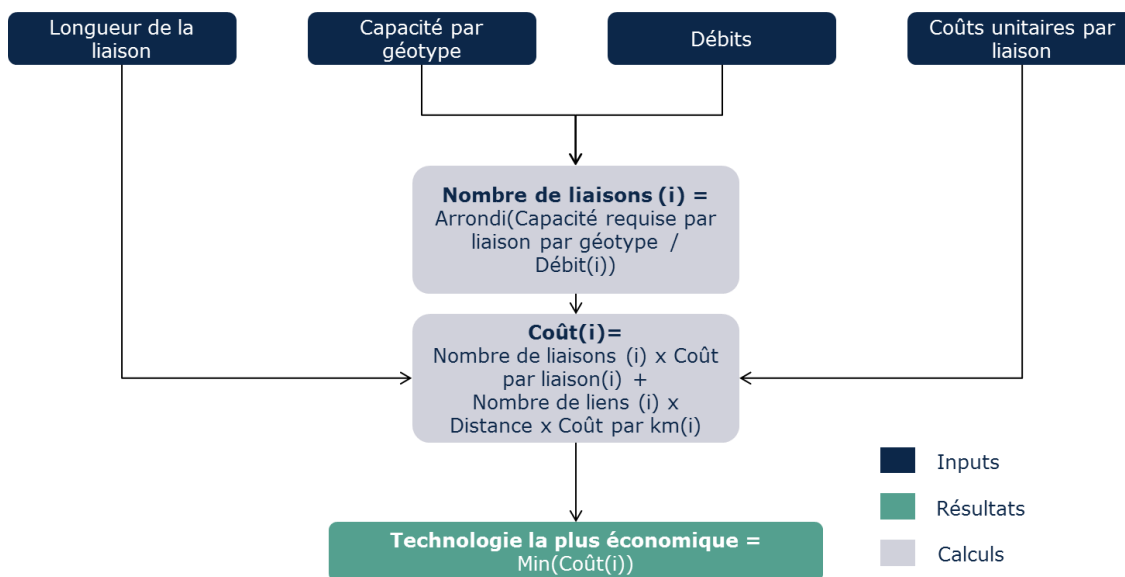


Figure 6.15 : Calcul de la configuration optimale de liaisons. [source : Axon Consulting]

Veillez noter qu'il est possible que la technologie sélectionnée dans l'algorithme présenté ci-dessus ne puisse pas être utilisée par tous les sites pour des raisons techniques. Ces conditions sont prises en compte conformément aux indications des opérateurs au cours du processus de collecte de données.

Pour cette raison, la technologie la moins chère dans chaque liaison est choisie et, en appliquant le facteur de disponibilité pour cette technologie, le pourcentage de liaisons pour chaque type qui pourra être utilisé est déterminé. La procédure est ensuite répétée pour chaque technologie, par ordre d'efficacité économique jusqu'à ce que toutes les liaisons soient couvertes.

La figure ci-dessous illustre l'algorithme de calcul :

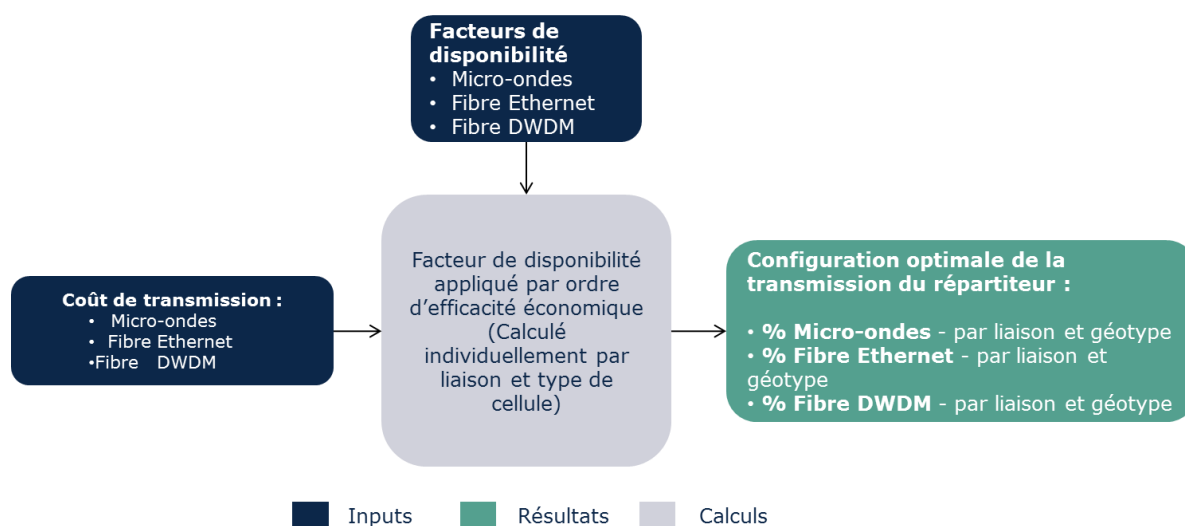


Figure 6.16 : Définition du réseau de transmission optimal [source : Axon Consulting]

6.2.2. Étape 2. Calcul des liaisons nœuds cœurs - nœuds cœurs

L'étape 2 calcule les liaisons de transmission nécessaires pour l'interconnexion des nœuds cœurs avec des nœuds cœurs.

Les calculs effectués à cette étape sont équivalents à ceux présentés à l'étape 1, excepté que les inputs pris en compte correspondent aux liaisons nœuds cœurs à nœuds cœurs.

6.2.3. Étape 3. Définition du nombre de routeurs requis

Cette étape calcule le nombre de routeurs requis au sein du réseau de transmission et du réseau cœur. Ce nombre de routeurs dépend fortement du nombre de liaisons calculées lors de l'étape précédente, surtout le nombre de ports requis dans chaque section de transmission.

D'abord, le nombre de routeurs cœurs est calculé en utilisant le nombre de ports faisant face aux nœuds du réseau cœur et de ports de sortie utilisés dans les liaisons nœuds cœurs à nœuds cœurs.

Le nombre de ports faisant face aux nœuds du réseau cœur et de sortie des nœuds cœurs est obtenu lors des étapes précédentes.

La figure ci-dessous présente l'algorithme de calcul utilisé pour calculer le nombre de routeurs cœurs nécessaires :

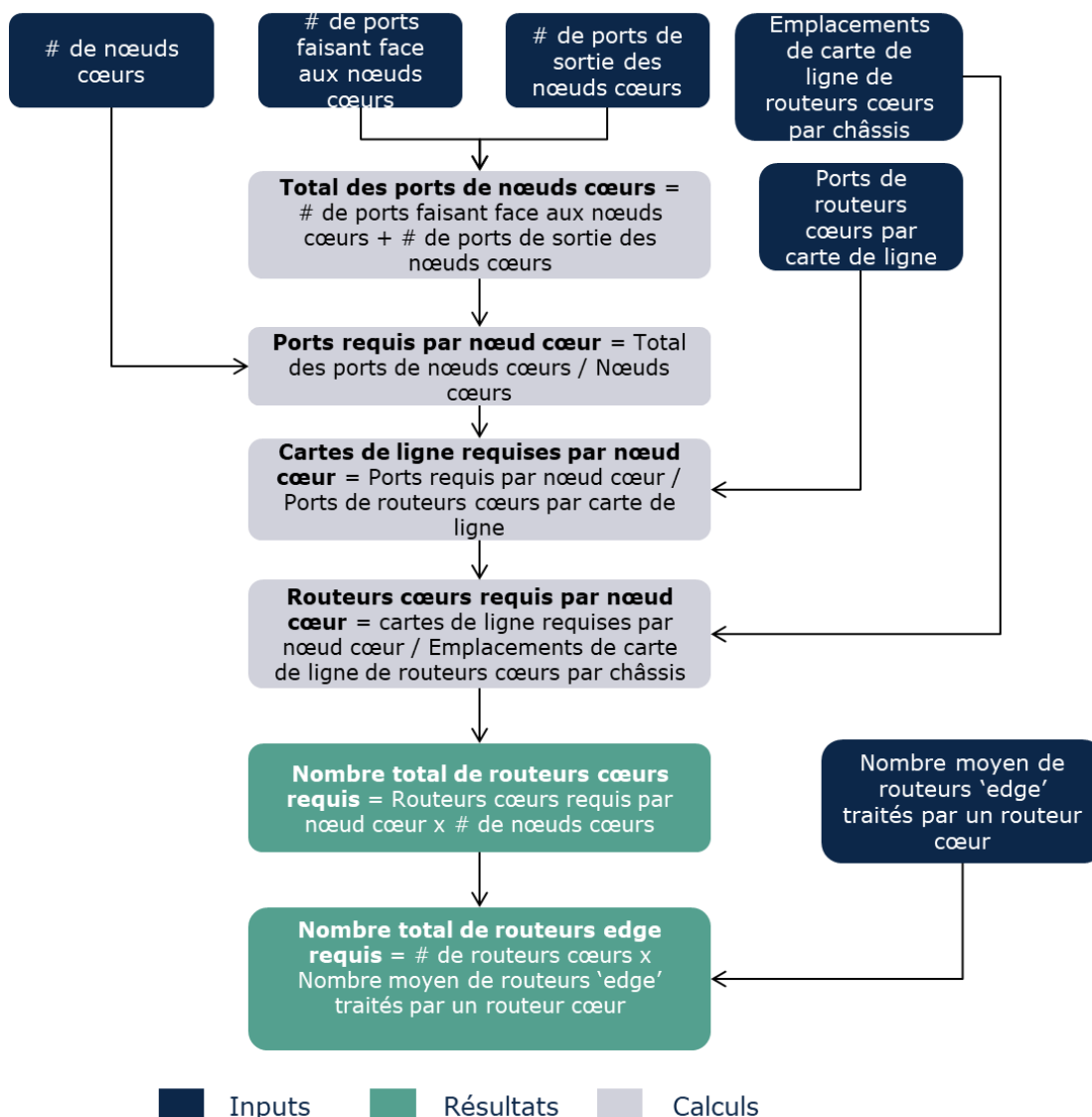


Figure 6.17 : Algorithme utilisé pour calculer le nombre de routeurs cœurs nécessaires
[source : Axon Consulting]

Comme le montre la figure, à partir du nombre de ports cœurs, l'on obtient le nombre de cartes de ligne qui résulte en un nombre total de routeurs cœurs (châssis). Enfin, la capacité des routeurs cœurs est utilisée pour calculer le nombre de routeurs 'edge'.

6.2.4. Étape 4. Calcul des tranchées additionnelles pour le réseau de transmission

Cette étape présente le calcul des kilomètres de tranchées additionnels qui sont nécessaires au sein du réseau de transmission. Le calcul réalisé tient compte des deux sections de réseau différentes analysées au sein du réseau de transmission :

- ▶ Liaisons du nœud local vers le nœud cœur
- ▶ Liaisons du nœud cœur vers le nœud cœur

La figure ci-dessous illustre l'algorithme utilisé pour calculer ces tranchées additionnelles qui doivent être déployées.

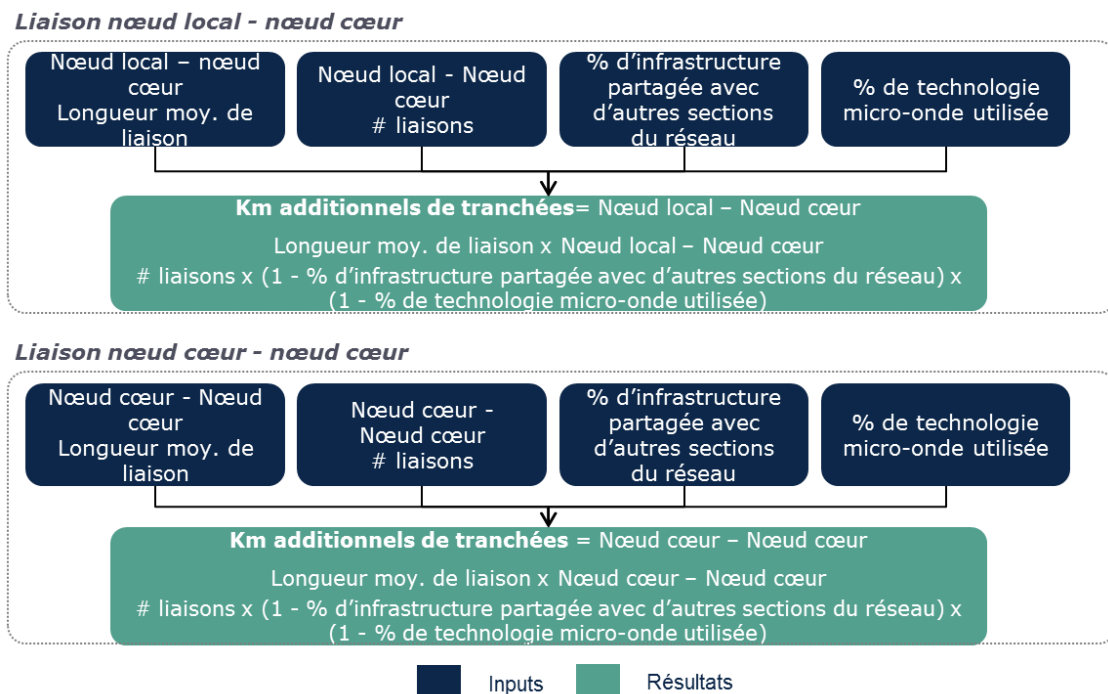


Figure 6.18 Calcul des tranchées additionnelles à déployer par type de liaison [source Axon Consulting]

6.3. Dimensionnement du réseau cœur (indépendant du géotype)

Le module de dimensionnement du réseau cœur est responsable du dimensionnement de l'équipement cœur, qui se charge de la gestion du réseau central. Ce processus a lieu à la fin (bloc 2) de la feuille de calcul « 7A CALC DIM CORE » du modèle.

Le modèle prend en compte un réseau cœur de nouvelle génération (NGN, « Next Generation Network »), qui représente l'actif moderne équivalent (MEA, « Modern Equivalent Asset ») de réseaux fixes traditionnels. Dans ce contexte, le réseau cœur NGN permet de fournir tous les services de détail et de gros vendus actuellement par les opérateurs. Toutefois, il convient de noter que les plateformes de voix spécifiques, qui ne sont pas le résultat de services voix couverts par ce modèle, n'ont pas été modélisées. Les éléments de réseau suivants ont été modélisés :

- ▶ **HSS (Home Subscriber Server ou serveur d'abonné résidentiel) :** responsable du stockage de différents types de données liées à l'abonné, y compris les données d'identification et les détails des services souscrits. Le nombre d'unités est limité par la capacité nominale en termes d'abonnés :

$$\text{Nombre de HSS} \geq \frac{\text{Connexions Totales (Clients)}}{\text{Contraintes Techniques (Clients)}}$$

- ▶ **BRAS (Broadband Remote Access Server ou serveur d'accès au réseau large bande) :** responsable de l'agrégation des sessions d'utilisateurs depuis le réseau d'accès jusqu'à Internet. Le nombre d'unités est limité par la capacité nominale en termes d'utilisateurs large bande connectés simultanément :

$$\text{Nombre de BRAS} \geq \frac{\text{Connexions Simultanées Totales (Clients)}}{\text{Contraintes Techniques (Clients)}}$$

- ▶ **RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service) :** fournit des services à distance d'authentification et d'autorisation pour gérer l'utilisation d'une ressource de réseau par les utilisateurs. Le nombre d'unités est limité par la capacité nominale en termes d'utilisateurs large bande connectés simultanément :

$$\text{Nombre de RADIUS} \geq \frac{\text{Connexions Simultanées Totales (Clients)}}{\text{Contraintes Techniques (Clients)}}$$

- ▶ **DNS (Domain Name System ou système de noms de domaines) :** responsable de la conversion de noms de domaines en adresses IP numériques. Le nombre d'unités est limité par la capacité nominale en termes d'utilisateurs large bande connectés simultanément :

$$\text{Nombre de DNS} \geq \frac{\text{Connexions Simultanées Totales (Clients)}}{\text{Contraintes Techniques (Clients)}}$$

- ▶ **VoD Server (Video On-demand Server ou serveur de vidéo à la demande) :** fournit du contenu vidéo personnalisé en fonction de la demande de l'utilisateur. Un serveur VoD a été modélisée à condition que le nombre de connexions de cœur ne soit pas nul.

- ▶ **Plateforme IPTV** : responsable du traitement, de la modulation et du codage du signal TV avant sa transmission. Une plateforme IPTV a été modélisée à condition que le nombre de connexions IPTV ne soit pas nul.

7. Module de coûts CAPEX et OPEX

Le but du module de coûts CAPEX et OPEX est de calculer les dépenses (en capital, CAPEX, et opérationnelles, OPEX) associées aux ressources de réseau nécessaires provenant du module de dimensionnement. Cette section présente les étapes pour obtenir ces dépenses, comme illustré dans la figure suivante.

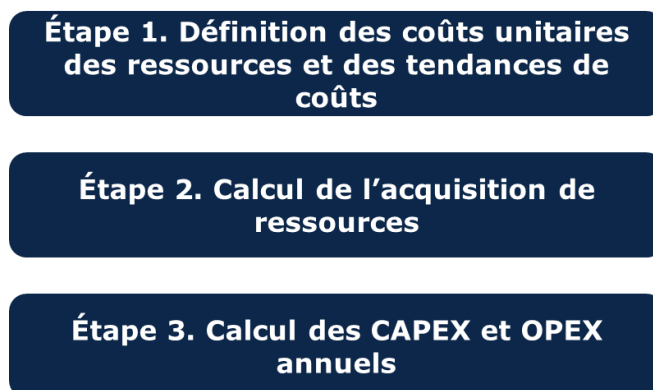


Figure 7.1 : Établissement des coûts des ressources [source : Axon Consulting]

La section suivante explique chaque étape en détail.

7.1. Étape 1. Définition des coûts unitaires des ressources et des tendances de coûts

Pour la définition des coûts unitaires des ressources prises en compte dans le modèle, deux inputs sont nécessaires :

- ▶ **Coût unitaire** : séparé en CAPEX et OPEX (pour ces ressources si applicable) lors de l'année en cours. Ces informations sont introduites dans la feuille de calcul « 1E INP UNITARY COSTS ».
- ▶ **Tendances du coût** (« cost trends ») : pour chaque ressource, une tendance du coût peut être introduite, montrant l'évolution attendue de ces prix (CAPEX et OPEX séparément) au cours de la future période. Ces informations sont introduites dans la feuille de calcul « 1F INP COST TRENDS ».

Une fois les coûts unitaires historiques et tendances du coût introduits, le modèle appliquera la tendance là où les coûts unitaires n'ont pas été introduits

(à savoir généralement lors des années à venir). La formule utilisée pour l'application des tendances du coût est la suivante.

$$\text{Coût Unitaire (année)} = \text{Coût Unitaire (année - 1)} * (1 + \text{Tendance (année)})$$

De plus, dans le cas des CAPEX, le coût associé aux actifs totalement amortis est exclu. Étant donné que ces actifs ont déjà atteint leur vie utile totale, ils ne représentent plus un coût pour l'opérateur et ils seront exclus des résultats du modèle. Ce calcul est réalisé à la feuille de calcul « 4A CALC UNIT CAPEX CONSOL » du modèle.

7.2. Étape 2. Calcul de l'acquisition de ressources

À l'étape 2, le calcul des dépenses d'investissement (CAPEX) nécessaires pour de nouvelles acquisitions est fourni pour chaque année. L'algorithme suivant est utilisé :

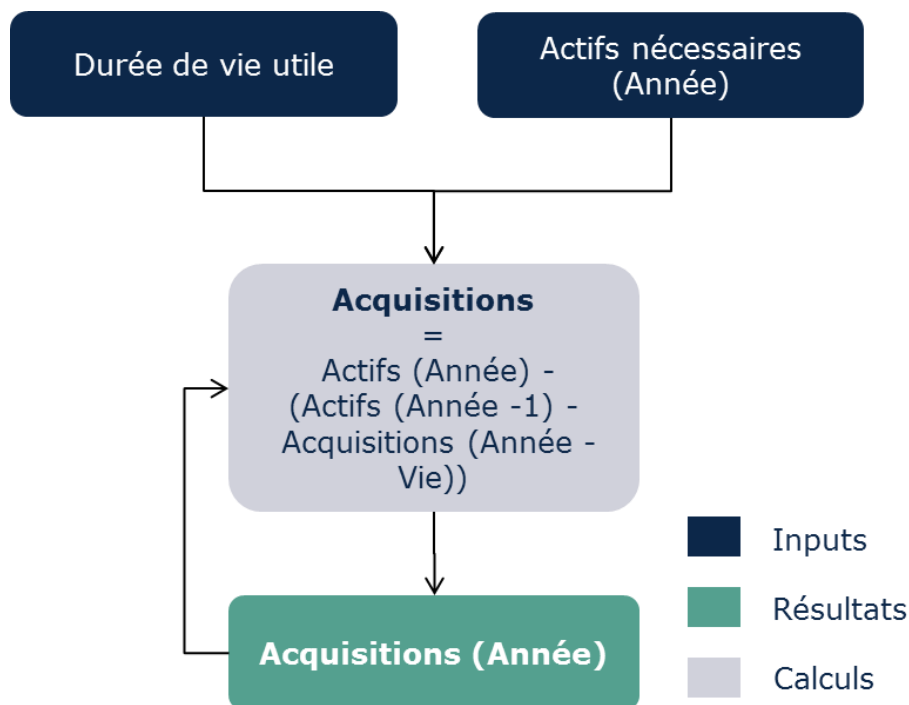


Figure 7.2 : Algorithme pour le calcul d'une nouvelle acquisition [source : Axon Consulting]

Les nouvelles acquisitions peuvent être influencées par deux facteurs, déploiement du réseau ou remplacement de l'équipement, comme suit :

- **Déploiement du réseau :** le déploiement de technologies nouvelles ou existantes, ou l'acquisition de nouvel équipement pour augmenter la

capacité, sera déterminé par les exigences additionnelles du réseau pour répondre à la demande.

- **Remplacement d'équipement** : une fois la durée de vie utile de l'équipement expirée, et lorsque cette ressource est toujours nécessaire en raison des exigences du réseau, la ressource est remplacée. Dans certains cas, lorsque l'équipement n'est plus nécessaire, il est simplement démantelé mais pas remplacé.

7.3. Étape 3. Calcul des CAPEX et des OPEX annuels

Une fois que le coût unitaire et les nouvelles acquisitions pour chaque ressource et année sont définis, une multiplication des prix par les quantités sera utilisée pour obtenir les dépenses. Le calcul des CAPEX (avant annualisation) et des OPEX annuels suit l'algorithme suivant :

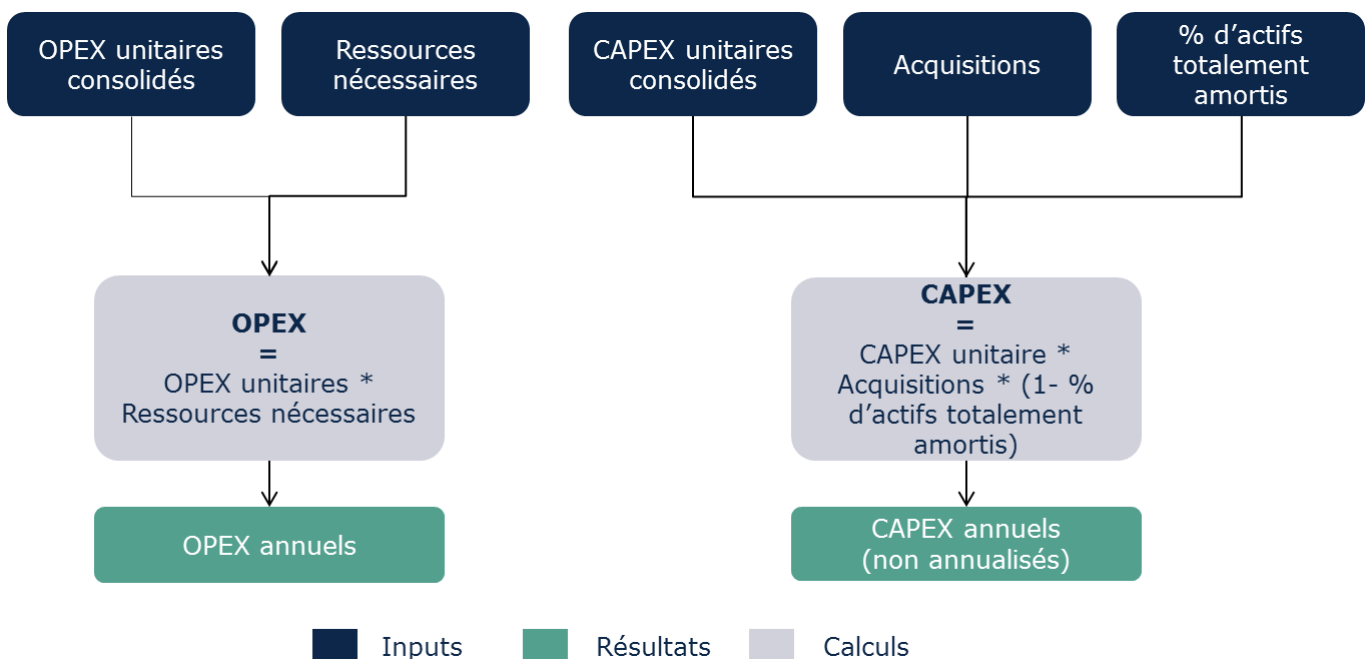


Figure 7.3 : Algorithme pour le calcul du CAPEX et de l'OPEX annuels [source : Axon Consulting]

8. Module d'amortissement

Le module d'amortissement vise à répartir les CAPEX par année (annualisation). La méthode de l'amortissement économique (« Economic Depreciation ») est considérée.

L'amortissement économique vise à ajuster la récupération de la valeur de l'actif à la valeur économique qu'il produit.

En particulier, l'amortissement économique ajuste les annuités de l'investissement par le biais d'un facteur de production défini à partir de la performance extraite de l'actif. Par exemple, si l'on s'attend à ce qu'un actif soit utilisé de manière plus exhaustive à l'avenir (par exemple en raison d'une augmentation de l'adoption), l'application de l'amortissement économique donnera des annuités plus élevées à l'avenir qu'au présent (et des coûts unitaires relativement constants).

En particulier, la formule utilisée pour le calcul de l'amortissement économique est la suivante :

$$c_i = I \cdot \frac{p_i \cdot f_i}{\sum_{n=i_0}^{i_0+UL-1} (p_n \cdot \alpha_n \cdot f_n)}$$

Où :

- ▶ I est l'investissement associé à l'actif
- ▶ c_i représente les coûts annualisés à l'année i (au sein de la durée de vie utile)
- ▶ f_i est le facteur de production qui peut être associé à l'actif à l'année i , en termes de demande moyenne par actif
- ▶ p_i est le prix de référence de l'actif pour l'année i
- ▶ UL représente la vie utile (useful life) de l'actif
- ▶ i_0 est l'année d'achat de l'actif
- ▶ α_i représente le facteur du coût du capital et répond à la formule suivante :

$$\alpha_i = (1 + WACC)^{-(i-i_0+1)}$$

9. Allocation des coûts aux services

Cette section présente la méthodologie suivie pour calculer les coûts incrémentaux et communs des ressources, et comment ces coûts seront alloués aux services afin d'obtenir des coûts unitaires selon la norme LRIC+.

9.1. Calcul des coûts incrémentaux et communs

Le coût incrémental associé à chaque incrément est la réduction au sein des coûts calculés par le Modèle en raison de l'arrêt de la fourniture des services inclus dans cet incrément. Ce coût est exprimé de manière mathématique comme la différence entre le coût de la demande totale et le coût obtenu lorsque le niveau de la demande pour les services inclus dans l'incrément est fixé à zéro, laissant tous les autres inchangés :

$$COUT\ INCREMENTAL\ (incrément1) = F(v1, v2, v3, vN, C) - F(0, v2, v3, vN, C)$$

Où F est la formule qui représente le modèle de calcul de coûts LRIC+ (qui calcule le coût selon la demande et la couverture), v_i représente le volume de demande de l'incrément i , et C représente la couverture.

Pour calculer les coûts incrémentaux, les incréments sont définis en groupes de services. Par conséquent, des services ont été attribués à des incréments. Dans le modèle (feuille « 0D PAR OTHER »), deux incréments ont été définis : accès et transport. Les services sont ensuite attribués à cet incrément à la feuille « 0A PAR SERVICES ».

Une fois les coûts incrémentaux calculés pour ces deux incréments comme décrit ci-dessus, les coûts communs par ressource sont obtenus en réalisant la différence entre la base de coûts totale obtenue selon la norme de coûts totalement distribués (Fully Allocated Costs, en tenant compte de l'ensemble de la demande) et les coûts incrémentaux. La formule suivante présente ce calcul :

$$\begin{aligned} OOTS\ COMMUNS \\ &= COUTS\ TOTAUX\ (Fully\ Allocated\ Costs) \\ &- COUT\ INCREMENTAL\ (Incrément\ d'accès + Incrément\ de\ transport) \end{aligned}$$

Dans le modèle, les coûts incrémentaux des ressources sont calculés dans la feuille « 9C CALC RES COST CONSOL », tandis que les coûts communs sont indiqués dans la feuille « 11A CALC RES COMMON COST ».

La section suivante présente la méthodologie utilisée pour l'allocation de coûts des ressources aux services au sein du Modèle.

9.2. Allocation des coûts des ressources aux services

Les coûts incrémentaux sont affectés aux services en utilisant des facteurs de routage. Cette méthodologie alloue les coûts aux produits sur la base de l'utilisation de chaque équipement. Le facteur de routage mesure le nombre de fois qu'une ressource est utilisée par un service spécifique lors de sa fourniture. Une fois que les coûts annuels encourus par ressource sont disponibles, ils doivent être alloués aux services finals.

Le processus d'allocation des coûts comprend deux étapes principales (voir la figure ci-dessous) :

- ▶ **Étape 1.** Combinaison des facteurs de routage et du trafic des services
- ▶ **Étape 2.** Allocation des coûts aux services sur la base de cette combinaison

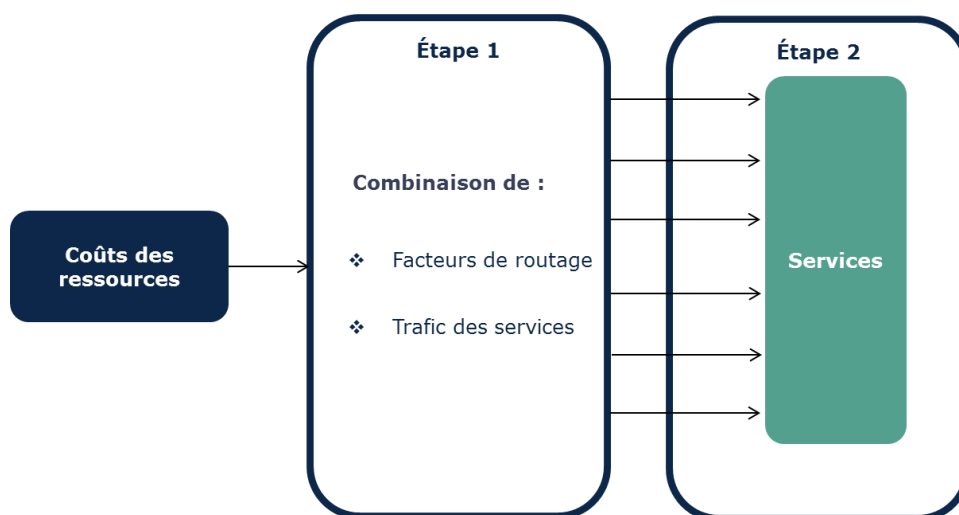


Figure 9.1 : Processus d'allocation des coûts en utilisant des facteurs de routage [source : Axon Consulting]

Une fois les coûts incrémentaux alloués, l'allocation des coûts communs se base sur l'approche de capacité effective. Cette méthodologie affecte les coûts communs également via les facteurs de routage, en suivant la même philosophie que les coûts incrémentaux.

Enfin, une fois les coûts de réseau alloués, les frais généraux et administratifs (G&A) ainsi que les coûts IT sont affectés à tous les services par le biais d'une majoration (« mark-up ») du coût des services.

De plus amples détails sur les étapes 1 et 2 sont fournis dans les paragraphes suivants.

9.2.1. Étape 1 : Combinaison des facteurs de routage et du trafic des services

La méthodologie utilisée pour allouer les coûts des ressources aux services repose sur l'idée que le coût d'une ressource doit être alloué aux services proportionnellement à la quantité de trafic générée par le service, et à un « facteur d'utilisation », le facteur de routage. Ainsi, plus un service génère de trafic, plus le coût sera élevé pour l'actif en question ; et plus l'utilisation de l'actif est élevée, plus le coût pris en compte est élevé.

Ci-dessous une figure montrant quelques exemples d'associations de facteur de routage entre les services et les ressources.

EQUIVALENT EQUIPMENT (Group of resources)	Service CATEGORY	Service SUBCATEGORY	Service SEGMENT	Service DESCRIPTION	Routing Factor
Network Building Unit	Access	FTTH	Retail	Access	1.00
Network Building Unit	Access	FTTH	Wholesale	Resale Access	1.00
Network Building Unit	Access	FTTH	Wholesale	Passive Access (Wavelength Unbundling)	1.00
Network Building Unit	Access	FTTH	Wholesale	Active Access (VULA)	1.00

Figure 9.2 : Exemple d'association des facteurs de routage entre les services et les ressources (feuille « 3C MAP ROUTING FACTORS ») [source : Axon Consulting]

9.2.2. Étape 2 : Allocation des coûts aux services

Une fois que le poids d'un service par rapport à chaque actif différent a été établi, il est possible d'allouer tous les coûts à tous les services.

La relation de base est la suivante :

$$ServiceCost(i, year) = \sum_n \frac{Asset(n, year) \cdot Traffic(i, year) \cdot RF(i, n)}{\sum_i Traffic(i, year) \cdot RF(i, n)}$$

Où :

- ▶ ServiceCost (i, year) est le coût du service i à une année donnée
- ▶ Asset (n, year) est le coût de la ressource n au cours de cette année
- ▶ Traffic (i, year) est le trafic du service i au cours de l'année donnée
- ▶ RF (i,n) est le facteur de routage qui associe la ressource n avec le service i

L'allocation du coût des ressources aux services est présentée à la feuille « 10B CALC SERV INCR COST » et, où la formule utilisée permet l'implémentation des étapes décrites dans la présente section 9.2.

Annexe A. Descriptions des services

La présente annexe contient une description des services inclus dans le Modèle BULRIC pour les réseaux FTTH.

- ▶ **Services d'accès ("Access services")** : ces services donnent accès aux clients, depuis leur habitation jusqu'au LEX de l'opérateur.
 - ❖ **'Access.FTTH.Retail.Access'**: fourniture d'une ligne FTTH à un client final. Son coût unitaire est inclus dans le coût du réseau d'accès, depuis les locaux du client jusqu'aux nœuds d'accès (jusqu'au LEX, incluant le coût de l'OLT). Veuillez noter que l'acheminement du trafic généré par l'abonné est inclus dans d'autres services tels que la large bande, les services TV ou de lignes louées.
 - ❖ **'Access.FTTH.Wholesale.Resale Access'**: service de gros qui est équivalent en termes de coûts du réseau à son service de détail analogue et qui sera revendu par un demandeur d'accès. La seule différence est l'exclusion du coût HSS.
 - ❖ **'Access.FTTH.Wholesale.Passive Access (Wavelength Unbundling)'**: service de gros qui est équivalent en termes de coûts du réseau à son service de détail analogue et qui est fourni via une technique de dégroupage des longueurs d'onde. En termes d'équipement, la différence réside dans l'exclusion de l'OLT et du coût HSS. Il convient également de noter que le coût de l'équipement requis pour réaliser la technique de dégroupage des longueurs d'onde (par exemple, multiplexeur de longueur d'onde) n'est pas inclus dans le coût, et dépendra de la solution technique finalement adoptée par l'opérateur.
 - ❖ **'Access.FTTH.Wholesale. VULA - Active regulated service'**: le dégroupage virtuel de l'accès local est un service de gros permettant au demandeur d'accès d'utiliser l'infrastructure d'accès de fibre optique du fournisseur pour fournir des services à l'utilisateur final. Son coût unitaire est inclus dans le coût du réseau d'accès, depuis les locaux du client jusqu'aux nœuds d'accès (jusqu'au centre local, et incluant le coût de l'OLT).

- ▶ **Services large bande ("Broadband services")** : services qui incluent les coûts de fourniture de services large bande. Ces services incluent les coûts de l'équipement de transmission et de l'équipement cœur applicable. Veuillez noter que ces services n'incluent pas les coûts liés au réseau d'accès (décrits plus haut) mais uniquement les coûts pour l'acheminement du trafic de données. Ces services sont ventilés par type de service et débit de téléchargement maximum comme suit :

- ❖ **Services de détail** : incluent les coûts associés à la transmission du trafic large bande d'un client de détail depuis les nœuds d'accès (centre local) jusqu'à l'internet⁴ :
 - 'Broadband.FTTH.Retail.25 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Retail.50 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Retail.75 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Retail.100 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Retail.125 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Retail.150 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Retail.200 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Retail.300 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Retail.500 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Retail.1 Gbps'
- ❖ **Services de gros (Bitstream)**: incluent les coûts associés à la transmission du trafic large bande associé à un client du demandeur d'accès depuis le nœud d'accès (centre local) jusqu'au point où le trafic est interconnecté au demandeur d'accès :
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Bitstream 25 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Bitstream 50 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Bitstream 75 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Bitstream 100 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Bitstream 125 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Bitstream 150 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Bitstream 200 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Bitstream 300 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Bitstream 500 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Bitstream 1 Gbps'
- ❖ **Services de revente** : équivalents aux services de détail mais vendus à un demandeur d'accès pour la revente :
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Resale 25 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Resale 50 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Resale 75 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Resale 100 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Resale 125 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Resale 150 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Resale 200 Mbps'
 - 'Broadband.FTTH.Wholesale.Resale 300 Mbps'

⁴ Il convient de noter que le coût de la connectivité internationale à Internet n'est pas inclus.

- **'Broadband.FTTH.Wholesale.Resale 500 Mbps'**
- **'Broadband.FTTH.Wholesale.Resale 1 Gbps'**
- ❖ **'Broadband.Copper.Retail.Broadband Traffic (Core Traffic)'**. Inclut les coûts associés à la transmission du trafic large bande associé aux réseaux de cuivre (utilisés pour la fourniture de services xDSL).
- ❖ **'Broadband.FTTH.Wholesale.Local Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Service large bande FTTH fourni à une capacité dédiée (« uncontented ») au sein du réseau via une connexion Ethernet au niveau local. Le coût inclut uniquement le coût du réseau associé au réseau de transmission.
- ❖ **'Broadband.FTTH.Wholesale.Regional Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Service large bande FTTH fourni à une capacité dédiée au sein du réseau via une connexion Ethernet au niveau régional. Le coût inclut uniquement le coût du réseau associé aux réseaux de transmission/cœurs.
- ❖ **'Broadband.FTTH.Wholesale.National Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Service large bande FTTH fourni à une capacité dédiée au sein du réseau via une connexion Ethernet au niveau national. Le coût inclut uniquement le coût du réseau associé aux réseaux de transmission/cœurs.
- ❖ **'Broadband.Copper.Wholesale.Local Ethernet Transport (Core Traffic)'**. ». Service équivalent à son service analogue pour les produits FTTH mais pour les produits basés sur le cuivre (par exemple les services xDSL).
- ❖ **'Broadband.Copper.Wholesale.Regional Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Service équivalent à son service analogue pour les produits FTTH mais pour les produits basés sur le cuivre (par exemple les services xDSL).
- ❖ **'Broadband.Copper.Wholesale.National Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Service équivalent à son service analogue pour les produits FTTH mais pour les produits basés sur le cuivre (par exemple les services xDSL).
- ▶ **'Voice.Voice.Retail.Voice traffic'**. Ce service inclut le coût d'acheminement du trafic de voix via le réseau fixe. Le coût est associé à l'acheminement du trafic de voix au sein du réseau de transmission/cœur, sans inclure le service d'accès (voir ci-dessus) qui est nécessaire pour fournir ce service.
- ▶ **Services TV** : ces services incluent les coûts d'acheminement du trafic TV.
 - ❖ **'TV.TV.Retail.TV - SD channel'**. Ce service représente le coût de transmission d'un canal SD au sein du réseau. Ce coût est associé à la

transmission du trafic TV et à l'utilisation de plateformes TV dans les réseaux de transmission/cœurs.

- ❖ **'TV.TV.Retail.TV - HD channel'**. Ce service représente le coût de transmission d'un canal HD au sein du réseau. Ce coût est associé à la transmission du trafic TV et à l'utilisation de plateformes TV dans les réseaux de transmission/cœurs.
- ❖ **'TV.TV.Retail.Radio - Channel'**. Ce service représente le coût de transmission d'un canal radio au sein du réseau. Ce coût est associé à la transmission du trafic TV et à l'utilisation de plateformes TV dans les réseaux de transmission/cœurs.
- ❖ **'TV.TV.Retail.VoD - Traffic'**. Ce service représente le coût de transmission du trafic VoD au sein du réseau. Ce coût est associé à la transmission du trafic TV et à l'utilisation de plateformes TV dans les réseaux de transmission/cœurs.
- ❖ **'TV.TV.Wholesale.TV - SD channel'**. Service analogue au service de détail en termes de coût unitaire. Ce service est vendu à d'autres opérateurs.
- ❖ **'TV.TV.Wholesale.TV - HD channel'**. Service analogue au service de détail en termes de coût unitaire. Ce service est vendu à d'autres opérateurs ou sociétés.
- ❖ **'TV.TV.Wholesale.Radio - Channel'**. Service analogue au service de détail en termes de coût unitaire. Ce service est vendu à d'autres opérateurs ou sociétés.
- ❖ **'TV.TV.Wholesale.VoD - Traffic'**. Service analogue au service de détail en termes de coût unitaire. Ce service est vendu à d'autres opérateurs ou sociétés.
- ❖ **'TV.TV.Wholesale.IPTV Sharing Platform - SD Channel'**. Service de gros qui comprend le coût d'utilisation de la plateforme IPTV associée à un canal SD, en la partageant avec d'autres opérateurs.
- ❖ **'TV.TV.Wholesale.IPTV Sharing Platform - HD Channel'**. Service de gros qui comprend le coût d'utilisation de la plateforme IPTV associée à un canal HD, en la partageant avec d'autres opérateurs.
- ❖ **'TV.TV.Wholesale.IPTV Sharing Platform - Radio Channel'**. Service de gros qui comprend le coût d'utilisation de la plateforme IPTV associée à un canal radio, en la partageant avec d'autres opérateurs.
- ❖ **'TV.TV.Retail.TV Lines'**. KPI qui représente le coût par client de transmission du trafic TV (incluant les canaux SD et HD).
- ❖ **'TV.TV.Wholesale.Resale TV Lines'**. Service analogue au service de détail en termes de coût unitaire. Le même coût de réseau est applicable.

- ❖ **'TV.TV.Wholesale.Wholesale TV Lines'**. Service analogue au service de détail en termes de coût unitaire. Le même coût de réseau est applicable.
- ▶ **Lignes louées** : services offerts aux sociétés ou à d'autres opérateurs de réseau fournissant une capacité dédiée (uncontended) au sein du réseau :
 - ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Retail.Local Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Service de ligne louée fourni à une capacité dédiée au sein du réseau via une connexion Ethernet au niveau local. Le coût inclut uniquement le coût du réseau associé au réseau de transmission.
 - ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Retail.Regional Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Service de ligne louée fourni à une capacité dédiée au sein du réseau via une connexion Ethernet au niveau régional. Le coût inclut uniquement le coût du réseau associé aux réseaux de transmission/cœurs.
 - ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Retail.National Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Service de ligne louée fourni à une capacité dédiée au sein du réseau via une connexion Ethernet au niveau national. Le coût inclut uniquement le coût du réseau associé aux réseaux de transmission/cœurs.
 - ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Wholesale.Local Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Service analogue aux lignes louées locales de détail en termes de coût unitaire. Ce service est offert aux autres opérateurs de réseau.
 - ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Wholesale.Regional Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Service analogue aux lignes louées régionales de détail en termes de coût unitaire. Ce service est offert aux autres opérateurs de réseau.
 - ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Wholesale.National Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Service analogue aux lignes louées nationales de détail en termes de coût unitaire. Ce service est offert aux autres opérateurs de réseau.
- ▶ **Services Multicast** : ces services représentent le coût associé pour acheminer le trafic multicast sur le réseau :
 - ❖ **'Multicast.Multicast.Wholesale.Local Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Ce service représente le coût de transmission de contenus multicast au sein du réseau. Le coût est associé à l'utilisation du réseau de transmission au niveau local.
 - ❖ **'Multicast.Multicast.Wholesale.Regional Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Ce service représente le coût de transmission de

contenus multicast au sein du réseau. Le coût est associé à l'utilisation du réseau de transmission au niveau régional.

- ❖ **'Multicast.Multicast.Wholesale.National Ethernet Transport (Core Traffic)'**. Ce service représente le coût de transmission de contenus multicast au sein du réseau. Le coût est associé à l'utilisation du réseau de transmission au niveau national.

► **Services auxiliaires et autres services :**

- ❖ **'Ancillary.Ancillary.Retail.Consumption fee for exceeding monthly basic volume'**. Ce service inclut le coût supplémentaire encouru par les clients de détail pour le dépassement de la limite de consommation mensuelle. En termes de coût unitaire, cela représente le coût associé aux réseaux de transmission/cœurs.
- ❖ **'Ancillary.Ancillary.Wholesale.Consumption fee for exceeding monthly basic volume'**. Ce service inclut le coût supplémentaire encouru par les clients de gros d'autres opérateurs de réseau pour le dépassement de la limite de consommation mensuelle. En termes de coût unitaire, cela représente le coût associé aux réseaux de transmission/cœurs.
- ❖ **'Ancillary.Ancillary.Wholesale.1 GE Port'**. Ce service de gros inclut le coût associé à l'utilisation d'un port Ethernet d'1 Gigabit dans le réseau de transmission.
- ❖ **'Ancillary.Ancillary.Wholesale.10 GE Port'**. Ce service de gros inclut le coût associé à l'utilisation d'un port Ethernet de 10 Gigabits dans le réseau de transmission.
- ❖ **'Ancillary.Ancillary.Wholesale.100 GE Port'**. Ce service de gros inclut le coût associé à l'utilisation d'un port Ethernet de 100 Gigabits dans le réseau de transmission.
- ❖ **'Ducts.Ducts .Duct.Access duct'**. Ce service inclut le coût pour la fourniture d'une infrastructure de fourreaux située au sein du réseau d'accès.

► **Autres services de support :** incluent une liste de services utilisés pour déterminer le coût du reste des services énumérés ci-dessus (équivalant aux KPI requis), et qui sont :

- ❖ **Broadband.FTTH.Retail.Lines (not for costing)**. Ce service de support inclut le nombre total de lignes large bande FTTH associées aux clients de détail. Il est utilisé pour calculer le coût de certaines plateformes cœurs qui sont attribuées aux services large bande énumérés plus haut.
- ❖ **Broadband.Copper.Retail and Wholesale.Lines (not for costing)**. Ce service de support inclut le nombre total de lignes large bande

basées sur le cuivre associées aux clients de détail et de gros. Il est utilisé pour calculer le coût de certaines plateformes cœurs qui sont attribuées aux services large bande énumérés plus haut.

- ❖ **Access.FTTH.Retail and Wholesale.Terminated households/dwellings (not for costing).** Ce service de support inclut le nombre total d'habitations/ménages qui ont été raccordés. Par « raccordé » (« terminated »), le modèle entend tous les ménages/habitations pour lesquels une connexion entre les locaux du client et le premier point de connexion du réseau de l'opérateur a été effectuée, même si le client n'a pas encore souscrit de services FTTH. Toutefois, la connexion nécessaire serait déjà prête s'il devait décider d'y souscrire plus tard. Ces informations sont utilisées si l'utilisateur sélectionne l'option « *Considering only the cost of the drop cable of active dwellings* » pour le paramètre « *Drop cable (Lead - In) scenario* » dans le panneau de contrôle du modèle, pour le calcul des coûts liés à l'accès.