



Régulation de l'interconnexion

Modèle ascendant de calcul des coûts de terminaison d'appel et de capacités optiques

CMILT – Bottom-Up

Manuel d'utilisation

I. Présentation

Ce manuel d'utilisation concerne le modèle CMILT bottom-up développé à Télécom ParisTech depuis 2008. Ce modèle prend la suite d'un modèle de détermination des coûts d'interconnexion initialement développé par la Banque Mondiale et le PPIAF pour les pays africains. Il est désormais maintenu par Diginésie.

La première édition du modèle initial avait été préparée en 2000 par une équipe placée sous la coordination de Paul Numba Um, de la Policy Division of the Global Information and Communications Technology Department de la Banque Mondiale. La première version a été construite par une équipe du BIPE sous la direction de Laurent Gille. Une deuxième version du modèle a vu le jour en 2003 sur un financement complémentaire de la Banque Mondiale accordé au Bipe. Des améliorations substantielles ont été ensuite apportées au modèle par Télécom ParisTech en 2004, toujours sous la direction de Laurent Gille, avec le concours de Christophe Rudelle. La présente version, qui est une réécriture totale du modèle, a été développée à Télécom ParisTech, en 2007 et 2008. Cette version est une refonte complète de la partie technique du modèle, initialisée avec deux élèves de Télécom ParisTech (Charles Ossent et Briec Le Cornec) par Laurent Gille, et finalisée par ce dernier. Cette nouvelle version apporte une flexibilité accrue du modèle et permet de modéliser un réseau multiservices. En 2012, le modèle a été revu avec le soutien Lorena Mendez-Smith, pour intégrer les architectures 3G et NGN. En 2016, le modèle intègre le calcul des coûts des backbones optiques développé par Laurent Gille. En 2019, il intègre de nouvelles fonctionnalités.

Malgré toutes les précautions apportées à la réalisation du modèle et du manuel, les auteurs ne portent aucune responsabilité quant aux calculs qui pourront en être issus et de toute conséquence qui peut résulter de leur utilisation. Les résultats doivent être considérés comme une aide à la décision et certainement pas comme des calculs exacts des coûts d'interconnexion compte tenu notamment de l'incertitude qui peut affecter les informations qui y sont introduites.

Ce modèle est mis gracieusement à la disposition des utilisateurs (régulateurs et opérateurs) qui souhaitent l'utiliser, sans que la responsabilité des auteurs et diffuseurs du modèle, notamment Telecom ParisTech ou Laurent Gille, ne puisse être engagée. Ce modèle est mis à la disposition des utilisateurs sous licence CeCILL (<https://cecill.info/>).

Ce manuel, qui n'a pas pour vocation d'approfondir les principes des modèles bottom-up de détermination des tarifs, présente successivement :

- En partie II, les principes de la modélisation
- En partie III, les consignes de collecte d'informations auprès des opérateurs
- En partie IV, un guide d'utilisation du modèle
- En partie V, le pilotage du modèle
- En partie VI, un renvoi pour des développements ultérieurs..

Table des matières

I.	PRESENTATION.....	2
II.	PRINCIPES DE MODELISATION	6
1.	LES SERVICES OFFERTS ET LEUR TRAFIC	14
	<i>Description des services offerts.....</i>	<i>15</i>
	<i>Cas particuliers</i>	<i>22</i>
	<i>Liaisons louées (LL)</i>	<i>25</i>
	<i>Les parcs</i>	<i>28</i>
2.	ARCHITECTURE ET ELEMENTS DE RESEAU.....	29
3.	DIMENSIONNER ET OPTIMISER LE RESEAU	36
4.	LES MATRICES DE FACTEURS DE ROUTAGE	37
5.	EVALUER LES COUTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION	38
6.	OBLIGATION DE COUVERTURE.....	40
7.	SYNTHESE	41
III.	CONSIGNES EN VUE DE LA COLLECTE D'INFORMATIONS POUR L'ALIMENTATION DU MODELE.....	46
1.	MODALITES DE COLLECTE.....	46
2.	INFORMATIONS SUR LE RESEAU	48
3.	LES NŒUDS.....	49
	<i>MSAN ou URAD (Node 1)</i>	<i>50</i>
	<i>BTS 2G (Node 11), BS WLL (Node 5)</i>	<i>50</i>
	<i>BS WiMax (Node 7), BTS 3G (NodeB, node 13), BTS 4G (eNodeB, node 15)</i>	<i>51</i>
	<i>Les contrôleurs BSC WLL (Node 6), BSC WiMax (Node 8), BSC 2G (Node 12) ou RNC (Node 14)</i>	<i>51</i>
	<i>MGW – Media Gateway (Node 20), GGSN (Node 24).....</i>	<i>51</i>
	<i>MSC Server (Node 21).....</i>	<i>52</i>
	<i>Routeurs IP MPLS (Node 22).....</i>	<i>52</i>
	<i>IGW (International Gateway) (Node 23).....</i>	<i>52</i>
	<i>SGSN (Node 25)</i>	<i>53</i>
	<i>HLR (Node 27)</i>	<i>53</i>
	<i>SMSC (Node 28).....</i>	<i>53</i>
4.	LES LIENS	57
	<i>Tronçons - trajets optiques.....</i>	<i>57</i>
	<i>Trajets hertziens</i>	<i>59</i>
	<i>Satellite</i>	<i>59</i>
	<i>Sites.....</i>	<i>59</i>
	<i>Estimation des coûts relatifs à l'énergie</i>	<i>61</i>
	<i>Note sur les coûts de location</i>	<i>64</i>
5.	INFORMATIONS SUR LES FACTEURS DE ROUTAGE	65
6.	INFORMATIONS SUR LES COUTS UNITAIRES	66
7.	INFORMATIONS NECESSAIRE AU CALCUL DU COUT DU CAPITAL	68
8.	INFORMATIONS COMPTABLES.....	71
9.	INFORMATIONS DIVERSES	71
10.	CONCLUSION	72
IV.	MISE EN ŒUVRE DU MODELE	74
	<i>Configuration du classeur.....</i>	<i>75</i>
	<i>Étape 1 : configuration éléments de réseau/services</i>	<i>78</i>
	<i>Étape 2: Trafic et parcs</i>	<i>80</i>
	<i>Étape 3 : Données générales et financières (General and financial data).....</i>	<i>80</i>
	<i>Étape 4 - Facteurs de routage (Routing factors)</i>	<i>89</i>
	<i>Reconstruction du réseau (Network reconstruction).....</i>	<i>91</i>
	<i>Éléments de lien (Link elements) : onglets _LE 1..32.....</i>	<i>97</i>
	<i>Retour sur les facteurs de routage :</i>	<i>99</i>
	<i>Liens (Links) : onglet _Links.....</i>	<i>99</i>
	<i>Résultats (Results)</i>	<i>100</i>

V.	PILOTAGE DU MODELE	102
1.	PILOTAGE DU MODÈLE : ONGLET STEERING	102
	<i>Résultats</i>	102
	<i>Paramétrages</i>	103
	<i>Contrôles des calculs</i>	104
	<i>Synthèse et contrôle des données</i>	106
	<i>Zone ratios</i>	108
2.	PILOTAGE DU MODELE: ONGLET OFNET (OPTICAL FIBER NETWORK)	108
VI.	ADMINISTRATION	111
VII.	INDEX	112

ABBREVIATIONS

Acronyme	Développé	Acronyme anglais
AN	Access Network ou Access Node, Réseau d'accès ou Noeud d'accès	AN
BLR	Boucle locale radio, Wireless Local Loop	WLL
BS	Base Station, Station de base	BS
BSS	Base Station System	BSS
BTS	Base Tranceiver Station	BTS
CAA	Commutateur à autonomie d'acheminement, Local Switch	LS
CDMA	Code Division Multiple Access	CDMA
CMILT	Coûts moyens incrémentaux de long terme	LRIC
CMPC	Coût moyen pondéré du capital	WACC
CO	Contrôleur-Concentrateur	CO
CN	Core Network – Réseau cœur	CN
CS	Circuit switched, Commutation de circuit	CS
CT	Commutateur de transit	TS
CTI	Commutateur de transit international	ITS
FH	Faisceau hertzien - Microwave	Mw
GGSN	Gateway GSN	GGSN
GPP	Generation Partnership Project	GPP
GSM	Groupe Spécial Mobile, Global System for Mobile Communications	GSM
GSN	GPRS Support Node	GSN
GW	Gateway	GW
IGW	International Gateway	IGW
IP	Internet Protocol	IP
LL	Liaison louée, leased line	LL
Medaf	Modèle d'équilibre des actifs financiers	CAPM
MGW	Media Gateway	MGW
MMS	Multimedia Messaging Service	MMS
MPLS	MultiProtocol Label Switching	MPLS
MSAN	Multi Service Access Node	MSAN
MSC	Mobile Switching Center	MSC
NGN	Next Generation Network	NGN
NSS	Network and Switching System	NSS
RAN	Radio Access Network	RAN
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	SDH
SGSN	Serving GSN	SGSN
SMS	Short Message Service	SMS
TA	Terminaison d'appel	CT
TDM	Time Division Multiplexing	TDM
TRX	Tranceiver	TRX
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	UMTS
URAD	Unité de raccordement d'abonnés distante	RSU
USSD	Unstructured Supplementary Service Data	USSD
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network	UTRAN
WDM	Wavelength Division Multiplexing	WDM

II. Principes de modélisation

Le modèle présenté a pour objectif de permettre d'évaluer les coûts de la terminaison d'appel téléphonique (TA) et data sur un réseau donné, et le coût des liaisons optiques. Ces coûts sont calculés comme des coûts moyens incrémentaux de long terme (CMILT). Cette partie rappelle sommairement les principes de base d'une modélisation bottom-up (modélisation ascendante) d'évaluation de tels coûts. Cette modélisation bottom-up est notamment requise lorsque les tarifs de terminaison d'appel doivent être orientés vers les coûts et qu'aucune comptabilité analytique ne permet de les approcher.

Un réseau de télécommunication se caractérise par la mise en œuvre d'éléments de réseau acquis auprès de fournisseurs, installés et exploités pour ou par un opérateur de réseau. Ces éléments de réseau sont déployés au sein d'une architecture pour assurer la prestation d'un portefeuille de produits. Ce portefeuille comprends de nombreux produits au sein desquels les services de terminaison d'appel sur le réseau en question.

Le modèle évalue la formation des coûts engendrés par l'exploitation du réseau pour produire les services du portefeuille offert par l'opérateur. Il se caractérise d'abord par la nomenclature des services offerts et par la nature des éléments de réseau mis en œuvre au sein de l'architecture retenue pour le réseau considéré.

Les principes de la modélisation sont les suivants, une fois établi la liste des services offerts et des éléments de réseau déployés:

1. Déterminer le trafic que le réseau doit écouler pour chaque service offert; convertir les unités de trafic de chaque service dans une unité commune, à savoir le Go de façon à pouvoir agréger tous les trafics pour les services de communication et en Mb/s pour les services de capacité optique;
2. Charger les éléments de réseau du trafic qu'ils doivent écouler, tous services confondus, grâce à une affectation du trafic sur les éléments de réseau par le biais de facteurs de routage indiquant quels éléments de réseau, en moyenne, une unité de trafic d'un service donné emprunte;
3. Décrire, voire dimensionner, les éléments de réseau de façon à ce qu'ils puissent écouler le trafic qu'ils supportent;
4. Évaluer le coût d'investissement et d'exploitation de chaque élément de réseau ainsi dimensionné, et en déduire son coût économique grâce à l'utilisation d'un coût du capital;
5. Déterminer le coût de traversée d'un élément de réseau par unité de trafic cumulée;
6. Évaluer le coût de chaque service en cumulant, grâce à nouveau aux facteurs de routage, les coûts de traversée des éléments de réseau en proportion de leur utilisation par le service concerné, et notamment pour les services de terminaison d'appel.

Cette démarche est donc celle inscrite dans les modèles bottom-up d'évaluation des coûts de terminaison d'appel. Dans le modèle présenté ici, elle est complétée par une analyse top-down qui consiste à ventiler sommairement et analytiquement sur un seul niveau la comptabilité générale de l'opérateur de façon à encadrer les données issues du modèle. Ce cadrage comptable permet notamment de mieux fixer la part des coûts communs que le modèle ne sait pas apprécier autrement que par des mark-up sur les coûts des éléments de réseau.

Les coûts économiques

Les modèles CMILT calculent les coûts sur la base de coûts économiques, prenant en compte la rémunération des capitaux investis, et non de coûts comptables. Cet encadré explicite cette notion qui part du principe que le réseau est construit à la date T_1 à laquelle les coûts sont calculés.

Ce réseau a une durée de vie N . Le calcul sera fait pour chaque équipement composant ce réseau (avec des durées de vie pouvant donc être variables), mais les principes restent les mêmes, et nous parlerons donc ici du réseau dans sa globalité.

Il nous faut donc calculer le coût C contant qui récupéré sur N années, permettra de couvrir la dépense d'investissement I . Mais, ce coût C récupéré l'année n , a pour valeur actualisée en année 1, l'expression :

$$\frac{C}{(1+i)^n}$$

dans laquelle i est le taux d'actualisation retenu.

La dépense I devra donc être récupérée par la somme de 1 à N de ces coûts annuels :

$$I = \sum_{n=1}^N \frac{C}{(1+i)^n} = C \cdot \sum_{n=1}^N \frac{1}{(1+i)^n}$$

Si on note PHQ^1 la fonction $\sum_{n=1}^N \frac{1}{(1+i)^n}$, alors $C=I/\text{PHQ}$

I étant la dépense d'investissement dans le réseau, l'amortissement économique des actifs immobilisés sera obtenu en divisant leur coût par un facteur PHQ tenant compte du taux d'actualisation retenu et de la durée de vie. Cette fonction PHQ (ϕ) apparaissant dans les formules du modèle est codée dans une macro du tableur. Son expression est la suivante :

$$\phi^N_i = \sum_{n=1}^N \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N}$$

Dans laquelle i est le taux d'actualisation et N la durée de vie de l'équipement. En d'autres termes, au lieu de diviser I par N comme on le fait en comptabilité pour avoir un amortissement comptable, on divise I par $\text{PHQ}(i,N)$ qui tient compte du taux d'actualisation.

Ce taux d'actualisation i est composé de deux termes :

- Un terme j qui est le coût du capital, c'est-à-dire le coût de la ressource financière de la firme (cf. son calcul plus loin)
- Un terme k qui tient compte de l'obsolescence des équipements ; k sera pris comme l'évolution des prix de la dépense I (k négatif si les prix baissent): ce faisant, on accélère l'amortissement en cas d'obsolescence rapide, on le décélère en cas de hausse des prix.

Dans ce contexte, on utilisera l'expression : $(1+i) = (1+j).(1-k)$

La prise en compte de k est optionnelle dans le modèle.

L'explicitation de cette démarche est présentée dans ce qui suit avant de préciser le mode opératoire du modèle. Le cœur du modèle concerne le calcul du coût des terminaisons d'appel. Une partie distincte aborde le calcul des coûts des capacités optiques offertes sur les

¹ Cette fonction était à l'origine notée PHI ; mais microsoft excel ayant en 2013 introduit dans ses fonctions une fonction PHI (densité de loi normale), nous avons dû modifier notre fonction PHI et l'avons renommé PHQ .

backbones. Pour chaque opérateur, il est donc possible d'évaluer les coûts de traversée du réseau qu'il encourt pour chaque service offert.

En règle générale, dans les contextes dotés d'une pression concurrentielle suffisante, les coûts constatés se situent dans une fourchette réduite, qui traduit aussi l'incertitude qui peut caractériser certaines données, de façon inégale selon les opérateurs. En tenant compte de paramètres exogènes au modèle (sur les parts de marché, sur les dates d'entrée sur le marché, sur le déploiement comparé des réseaux, sur le portefeuille de services offerts, sur des caractéristiques techniques propres...), le régulateur peut choisir dans cette fourchette le bon positionnement des tarifs d'interconnexion. Il est admis que les tarifs sont dès lors symétriques, en ce sens qu'ils sont identiques pour tous les services de même nature (fixe/mobile), quel que soit l'opérateur.

Il peut apparaître néanmoins que cette fourchette soit plus large que les marges d'incertitude générées par les données utilisées et traduise des positionnements économiques différents, qui peuvent résulter notamment de parts de marché différentes, certains réseaux disposant de larges économies d'échelle alors que d'autres viennent juste d'entrer sur le marché et n'ont pas eu le temps d'atteindre leur plein déploiement. En ce cas, la régulation recherche l'estimation des coûts d'un opérateur "efficace" et peut, très temporairement, admettre une asymétrie des tarifs d'interconnexion.

Un agent économique est dit efficace en économie si, face à un output à produire, il minimise les inputs qui lui sont nécessaires et il sera dit efficace s'il arrive à atteindre les objectifs qu'il s'est fixé. La régulation impose parfois que les tarifs d'interconnexion reflètent les coûts d'un opérateur efficace ou d'un opérateur générique efficace. Dans la régulation du numérique, malheureusement, le terme efficace en français est utilisé dans le sens d'efficace. À la source de ce malentendu se trouve la recommandation européenne du 7 mai 2009 sur le traitement réglementaire des tarifs de terminaison d'appels fixe et mobile dans l'UE (2009/396/CE) qui dans sa version anglaise ne parle que d'efficacité et dans sa version française d'efficacité. Un opérateur de réseau efficace est en fait un opérateur de réseau efficace au sens économique du terme, c'est-à-dire qu'il minimise les inputs nécessaires à la production d'un certain niveau d'output. L'orientation vers les coûts des tarifs d'interconnexion requise par les régulations se traduit donc par l'orientation vers les CMILT d'un opérateur efficace. La directive européenne recommande instamment l'utilisation d'un modèle ascendant (ou modèle bottom-up) pour l'évaluation de ces coûts.

Un opérateur efficace se caractérise par les comportements suivants, au sens de la recommandation européenne du 7 mai 2009 :

- Il utilise les meilleures technologies disponibles sur le marché au moment de la modélisation, aux coûts actuels des équipements correspondants (§9 de la recommandation). "Le modèle doit refléter la quantité d'équipements nécessaire plutôt que celle effectivement fournie et ignorer les coûts historiques" (§10 de la recommandation). Il doit en d'autres termes "optimiser" le réseau au trafic acheminé, ce qui pose un certain nombre de questions sur lesquelles nous reviendrons.
- La modélisation ascendante doit "recouper les résultats d'un modèle ascendant avec ceux d'un modèle descendant de façon à produire des résultats aussi fiables que possible et à éviter les trop grandes divergences de coûts d'exploitation et de coûts d'investissement et de répartition des coûts entre un opérateur hypothétique et un opérateur réel" (§11 de la recommandation). L'opérateur réel n'étant pas obligatoirement efficace, la comparaison reste délicate, le recoupement pouvant

logiquement faire apparaître des différences sensibles. Un modèle ascendant étant par construction plutôt inflationniste, ce recoupement permet toutefois d'encadrer les résultats par des plafonds en obligeant à justifier les écarts qui peuvent être constatés. Le modèle présenté ci-après répond depuis longtemps à cette exigence.

La recommandation européenne de 2009 préconise par ailleurs de baser les tarifs sur des coûts "CMILT stricts" (pure LRIC). Une explication préalable est nécessaire pour comprendre cette approche européenne qui modifie à partir du début des années 2010 la façon dont les TA sont calculées sur le champ européen.

Les coûts d'un réseau résultent de la mise en œuvre d'équipements, leur installation (Capex) et leur exploitation (Opex). Un réseau écoule plusieurs services (il est souvent dit à intégration de services). Certains coûts peuvent être spécifiques à certains services, d'autres concourent de façon indifférenciée à l'acheminement de tous les services. Certains coûts varient avec le niveau du trafic, d'autres sont indépendants du trafic et sont induits par d'autres facteurs (la couverture [le territoire] pour les sites, les abonnés pour certaines boucles locales, etc.).

Les coûts pertinents pour le calcul du coût de traversée du réseau par les services qu'ils supportent, sont ceux qui présentent un lien de causalité avec la volumétrie de ces services. Notamment, retrancher ou ajouter un service au portefeuille de services de l'exploitant de ce réseau doit avoir une incidence sur le dimensionnement du réseau, et donc ses coûts. Néanmoins, dans une approche de long terme (le LT des CMILT ou le LR des LRIC), tous les coûts sont considérés comme variables, puisqu'un réseau va être construit d'une part en fonction du niveau de trafic attendu et d'autre part de la rentabilité présentée par les différents sites qui sera fonction du trafic attendu sur chacun de ces sites. Pour autant, certaines parties du réseau restent totalement indépendantes du trafic, nous y reviendrons.

En première analyse, un réseau supporte quatre grandes catégories de services :

- a. des services téléphoniques (acheminement de la voix)
- b. des services de messagerie (acheminement de messages textes, images, vocaux...)
- c. des services data (accès à internet, échange de données, collecte ou distribution de données [IoT, cloud...])
- d. des services de capacité (offre d'une capacité de transmission)

Ces services utilisent des réseaux d'accès (filaires ou radio) et un cœur de réseau reliant ces réseaux d'accès. Ces réseaux d'accès comme le cœur du réseau mettent en œuvre des équipements. Il en est toutefois qui ne sont pas impactés par le volume du trafic, de quelque nature soit-il ; c'est le cas :

- a. des boucles locales dédiés à un usager (c'est-à-dire non partagées entre usagers) et des équipements de terminaison de ces boucles, qui dépendent non du trafic, mais du nombre d'usagers (parc de lignes par exemple ou cartes SIM/terminaux des réseaux mobiles).
- b. Des équipements qui sont requis, non par le trafic, mais des obligations réglementaires indépendantes du trafic, notamment les obligations de couverture exigées dans les cahiers des charges. Au-dessus des équipements assurant la couverture, viennent s'ajouter des équipements dits de capacité qui permettront d'écouler le trafic.
- c. Des frais de licence. Très variables selon les pays, les contextes, les années, les frais de licence sont généralement perçus au moment de l'attribution ou du renouvellement des licences, de façon totalement indépendante et du trafic, et des abonnés du réseau sujet à licence. S'ils peuvent s'accompagner d'une attribution de spectre, le volume de

spectre est généralement identique pour tous les réseaux et attribué de façon non discriminatoire. C'est en quelque sorte un coût d'entrée sur le marché, la capacité à recruter des abonnés sur son réseau, sans aucun rapport avec un inducteur de trafic ni même d'ailleurs de parc.

Le modèle ne considère pas les équipements dédiés à un usager, notamment les boucles locales, qu'elles soient en cuivre, en liaisons radio ou en fibre optique, dès lors qu'elles ne font l'objet d'aucun partage possible. Il appartient à l'opérateur de recouvrer ces coûts par une tarification de la connexion (tel le raccordement, l'abonnement...) qui peut être éventuellement recouverte sur une tarification liée au trafic, comme c'est le cas par exemple sur les services prépayés fixes en Afrique. Le modèle ne prend pas en compte non plus les frais de licence de façon totalement logique par rapport à une approche incrémentale².

La prise en considération des obligations réglementaires de couverture, qui sont dynamiques dans le temps, progressant généralement d'année en année, a été retenue par la Commission Européenne à partir de la directive de 2009. Elles sont désormais paramétrables dans ce modèle CMILT ce qui permet de les ôter ou non du calcul des coûts selon les options retenues par chaque régulateur national.

Reste une différence considérable entre un CMILT "complet" et un CMILT "strict" [entre un TELRIC et un LRIC en anglais]. Un CMILT "complet" va prendre comme base de coûts l'ensemble des coûts réseaux et l'ensemble des services supportés, hors les coûts des équipements ou les coûts d'exploitation jugés non pertinents tels qu'explicité ci-dessus. Dès qu'un lien existe entre le dimensionnement d'un équipement du réseau et le volume de trafic du portefeuille de services supportés par le réseau, à court ou long terme, le coût de cet équipement est jugé pertinent pour la modélisation. On est là dans la notion de coût incrémental ou de coût évitable : si l'ajout ou le retrait d'un service du portefeuille de services conduit à modifier le dimensionnement de cet équipement, alors, son coût est pertinent, y compris les installations "passives" qui le supportent, qui doivent être aussi éventuellement redimensionnées (énergie, structure d'un pylône en fonction du poids des équipements qu'il supporte, taille des fourreaux, ...), mais qui de toute façon sont indissociables des équipements actifs.

Le CMILT "complet" d'un réseau prendra donc en compte tous les coûts causés (ayant un lien de causalité) par l'écoulement des services supportés par ce réseau ou pouvant être évités (réduits) en ôtant des services du portefeuille de services. C'est sur cette base que sont calculés les CMILT des services d'interconnexion au travers de ce modèle ascendant.

La recommandation européenne du 7 mai 2009 va plus loin en imposant comme base d'orientation des coûts d'interconnexion des CMILT "stricts", parfois nommés "différentiels". Pour comprendre cette notion, il ne faut considérer qu'un seul service, le service d'interconnexion considéré, notamment la TA téléphonique. Un CMILT strict ne tient compte que des coûts engendrés par la fourniture d'une prestation supplémentaire définie, c'est-à-dire

² Certains discutent cette approche en soutenant que la licence, accompagnée de spectre, est un coût nécessaire à l'exploitation du réseau. Mais, même dans ce cas, on peut défendre l'idée que ce coût doit être supporté par les seuls abonnés au réseau et constitue pour l'opérateur un coût de recrutement de ses abonnés. Intégrer le coût des licences dans les coûts pertinents pour l'interconnexion renchérit ces coûts, de façon symétrique pour tous les opérateurs dès lors que ces frais de licence sont symétriques, et constitue donc un facteur inflationniste des coûts d'interconnexion.

les stricts coûts évitables si ce service n'est pas fourni : "les coûts évitables correspondent à la différence entre les coûts totaux déterminés à long terme d'un opérateur fournissant sa gamme complète de services et les coûts totaux déterminés à long terme de cet opérateur fournissant sa gammes complète de services sauf le service de terminaison d'appel en gros à des tiers (c'est-à-dire le coût séparé d'un opérateur ne fournissant pas de terminaison d'appel à des tiers)" (§14 de la recommandation de 2009).

Ce faisant, on ôte le trafic de la TA sur le réseau en question et on note les coûts évités. En divisant ces coûts évités par le trafic d'interconnexion, on obtient une estimation "stricte" des CMILT de la TA. Ce calcul d'un coût incrémental "strict" recommandé par l'Union Européenne n'est pratiquement pas très compliqué à calculer (il s'agit de la différence de coût réseau en prenant ou pas en compte le trafic d'interconnexion), mais ne présente pas un grand intérêt s'il n'y a pas de mécanismes d'optimisation du réseau dans le modèle utilisé. Ceci rejoint la question de l'opérateur efficace.

En effet, ne seront évités que des coûts "induits" d'une façon ou d'une autre dans le modèle par le trafic. Tous les coûts non liés au trafic pris en compte dans le modèle seront neutralisés dans cette différence de coûts. Si le réseau modélisé est dimensionné selon le trafic, alors ces coûts peuvent être conséquents, si le réseau est modélisé tel qu'il est construit, alors ces coûts seront mineurs, juste une partie des coûts variables sont alors pris en compte. Pour obtenir des CMILT stricts ayant du sens, il faut alors une modélisation qui optimise finement le réseau en fonction du trafic écoulé.

Ce constat repose la question de l'opérateur efficace qui doit également optimiser son réseau. Autant cette optimisation peut être réaliste dans un contexte où les réseaux couvrent presque tout le territoire et la population, autant celle-ci est particulièrement complexe dans des pays où ni le territoire, ni la population ne sont substantiellement desservis. En effet, sur un territoire et une population quasi-totalement raccordés, même s'il subsiste des zones d'ombre, raccordés au moins par les premières générations de réseau (cuivre, 2G), il est possible à partir d'un outil statistique de description du territoire et de la population de définir des règles d'ingénierie de couverture et de desserte, en distinguant par exemple des géotypes pour affiner l'analyse. A défaut de telles statistiques descriptives sur les territoires et populations des pays en développement, cette optimisation des réseaux devient extrêmement complexe. Ce modèle CMILT retient donc une approche dite "scorched node" dans laquelle la topologie du réseau est prise dans son état réel, les équipements installés étant par contre des équipements actuels. Une approche "scorched earth", dans laquelle on reconstruit le réseau, apparaît difficilement modélisable, notamment quand la couverture territoriale du réseau est très incomplète.

L'optimisation des réseaux dans les modèles soulève un certain nombre de questions :

- Les réseaux ne sont jamais construits pour écouler le trafic constaté à un instant t. Ils sont dimensionnés en anticipant la croissance du trafic, les effets d'échelle sur des équipements pouvant être considérable. Ainsi, un câble optique à 16 fibres, coûte proportionnellement bien plus cher qu'un câble optique à 48 fibres. La baisse des coûts des faisceaux hertziens selon la capacité est également très forte, le surcoût d'un saut de capacité étant très faible. L'accroissement des capacités d'un réseau s'opère par sauts et non de façon continue, notamment sur les composantes logicielles. À l'investissement, il y a donc un surinvestissement qui s'avérera dans le long terme une économie non négligeable. C'est fréquemment la partie logicielle des équipements qui inclut la composante la plus sensible au trafic écoulé. Une baisse de trafic sur un site

ne se traduira pas obligatoirement par un démantèlement s'il y a expectative sur l'évolution du trafic.

- Le lien entre le dimensionnement du réseau et la qualité de service est crucial. Les modèles optimisant le réseau sont de ce fait obligés de travailler à l'heure chargée, qui peut ne pas être la même pour la phonie et la data. C'est une complexité qui demande énormément de données de la part des opérateurs pour identifier les points de trafic et qui suppose d'arrêter des ratios d'écrêtage fonction des obligations de qualité de service contenues dans les cahiers des charges. Optimiser strictement peut affaiblir la qualité offerte, mais aussi la sécurité des réseaux.
- Dans une optique d'optimisation, il faut introduire des coûts de transmission hypothétiques selon les fonctions des nœuds raccordés et non selon la topologie réelle des trafics. Si le dimensionnement du trafic peut être réaliste, le coût de la transmission retenue apparaît très fortement hypothétique et déconnecté de la topologie réelle des réseaux, de la concentration des trafics autrement que par des ratios déclaratifs sans doute assez incertains.

Par ailleurs, l'optimisation du réseau s'opère sur un niveau de trafic et de densité temporelle de trafic. Or, ce niveau de trafic et sa répartition sont fonction des performances marketing des opérateurs, de la pertinence et de l'attractivité des offres mises sur le marché incitant notamment le trafic durant les périodes creuses. C'est là une dimension de l'efficacité qui est difficile à prendre en compte, d'autant plus si ces offres mobilisent des effets de réseau qui sont par ailleurs problématiques sur le plan concurrentiel.

Enfin, un réseau présente des effets d'échelle (et d'envergure). Ces effets d'échelle sont sensés s'atténuer à compter d'une certaine part de marché. C'est un raisonnement curieux dans la mesure où il ne tient pas compte de la taille du marché. Un marché de 3 millions d'habitants n'aura pas la même courbe d'effets d'échelle qu'un marché de 30 millions d'habitants, d'autant plus si les densités de population sont très disparates. Dans le contexte européen, il est supposé qu'une part de marché de 20%-25% traduit une forme d'asymptote des économies d'échelle possibles ou tout du moins, le niveau accessible d'économies d'échelle. Les modélisations mises en place montrent toutefois que les coûts de terminaison sont d'autant plus faibles que la part de marché est faible, et ce dans des proportions importantes³, ce qui peut sembler paradoxal. L'explication est probablement un fait de modélisation, la part incrémentale augmentant avec la part de marché.

Pour toutes ces raisons, il est difficile d'optimiser très précisément les réseaux modélisés. On s'en remet dans ce modèle à l'estimation du coût d'un réseau décrit et non reconstruit. L'optimisation concerne la nature des équipements et leur coût actuel, et la seule façon de relier le coût au trafic serait de retenir sur chacun des équipements des inducteurs de coût liés au trafic, la minute, le SMS ou le Go. Mais, en général, même quand ces inducteurs apparaissent, ils le sont sur des seuils de capacité et non en fonction des trafics écoulés. En ce sens, le CMILT "strict" apparaît très difficile à calculer sauf à introduire des inducteurs de coût associés au trafic écoulé, ou avoir un algorithme de correction des capacités déclarées en fonction du trafic constaté.

³ Cf. le document "Modèle technico-économiques des coûts de réseau d'un opérateur mobile générique efficace, consultation sur le modèle calibré menée du 8 octobre au 20 novembre 2013", Arcep France. Dans ce document, on constate que passer de 25% de part de marché à 20% améliore de 20% le coût incrémental de la TA.

Si des régulateurs s'orientaient vers ces CMILT "stricts", la mise en place de correctifs de capacités serait une option de développement du modèle. Pour l'instant, on considérera que le calcul des CMILT "stricts" qui sont proposés n'est guère représentatif d'une réalité opérationnelle.

On va donc s'attacher dans ce qui suit à décrire d'une part la façon dont le modèle considère les services supportés par le réseau, et d'autre part, la façon dont il traite l'architecture du réseau, dont on a compris qu'il s'agit de deux dimensions essentielles de la modélisation.

1. Les services offerts et leur trafic

La première étape consiste à identifier les services offerts par le réseau de façon à comptabiliser le trafic de ces services et la façon dont ils recourent aux éléments de réseau. Le modèle autorise la prestation de 64 services dont la distinction n'a de sens que s'ils empruntent des éléments de réseau différenciés. Sur ces 64 services possibles, 41 seulement sont pré renseignés. Ils correspondent aux services usuellement offerts sur les réseaux fixes, les réseaux mobiles ou les réseaux intégrés offrant à la fois des accès fixes et des accès mobiles.

On qualifiera de "on-net" les services de communication dont les correspondants sont raccordés au même réseau. On qualifiera de "off-net" les services de communication dont les correspondants sont raccordés à deux réseaux différents : les services off-net peuvent être sortants du réseau concerné ou entrants sur le réseau concerné (les appels entrant sont les appels dont les coûts de terminaison sont recherchés).

Sur les réseaux fixes, on distinguait autrefois les appels dont l'interconnexion (entrante ou sortante) se situe sur le commutateur de l'abonné d'origine ou de destination (fixe local), les appels dont l'interconnexion se situe dans la zone de transit du commutateur de l'abonné (simple transit) et les appels dont l'interconnexion se situe dans une autre zone de transit que celle du commutateur de l'abonné (double transit). Ces distinctions n'apparaissent plus pertinentes dans le contexte actuel des réseaux des pays émergents: d'une part, les réseaux fixes n'écoulent plus qu'une partie très réduite du trafic, d'autre part, la distinction local-interurbain qui avait cours en matière de tarification a de moins en moins d'intérêt sur des marchés dominés par les mobiles où la tarification est unifiée géographiquement. Le modèle considère donc aujourd'hui que la TA sur les réseaux fixes est une TA unique, indifférente au point de livraison de l'appel par rapport à sa destination.

Si un service apparaît manquant, on affectera son trafic à un service dont les facteurs de routage (cf. II-3) seraient identiques. Si un tel service n'existe pas, il est toujours possible de rajouter un nouveau service, mais il faut alors renseigner les tables de facteurs de routage en conséquence.

On distingue dans cette nomenclature de services les services téléphoniques (voix) des services de messagerie (SMS et MMS) et des services data, et parmi ces derniers, des services facturés au volume (Mo ou Go) de ceux qui sont facturés au débit (Mb/s). Les services empruntant un réseau commuté (via un modem bas débit en voie de disparition) ne sont plus pris en compte.

La dénomination "mobile" retenue dans la nomenclature qui suit, réfère bien entendu aux réseaux mobiles GSM ou de génération suivante, mais peut parfois être comprise comme référant à un réseau wireless, éventuellement fixe: quand un opérateur fixe exploite un réseau d'accès radio (de type CDMA ou Wi-Max), celui-ci peut être modélisée à travers les équipements de boucle locale radio présents dans le modèle et les services "mobiles" présents dans la nomenclature qui suit. Les choix effectués en la matière impacteront la classification du trafic et la détermination des facteurs de routage.

Il apparaîtra à l'utilisateur qu'il y a un arbitrage implicite entre la nomenclature des services et les tables de routage : on peut démultiplier les services considérés selon leur acheminement dans les réseaux (en simplifiant alors les tables de routage) ou limiter les services considérés (notamment parce qu'on ne saurait pas mesurer leur volume de trafic) et complexifier quelque peu les tables de routage (en calculant les équipements empruntés par ces services). On précisera certains arbitrages dans les encadrés qui suivent cette nomenclature.

On retrouve là une des caractéristiques des modèles : la disponibilité limitée de certaines informations oblige parfois à consolider certains postes des nomenclatures, mais ajoute un degré de complexité ailleurs dans le modèle. Inversement, la remarque fréquemment faite que le modèle devrait prendre en compte plus finement des particularités impose un développement de certaines nomenclatures qui va se traduire par une collecte plus fine d'informations dont on se rend parfois compte a posteriori qu'elles ne sont pas disponibles.

Toute modélisation est donc un arbitrage entre le niveau de détail de cette modélisation et la capacité à fournir des informations à ce niveau de détail.

Sur les 41 services pré-renseignés, nous trouvons :

- 17 services téléphoniques (exprimés en minutes)
- 13 services de messagerie (exprimés en nombre)
- 5 services de données facturés en Go
- 6 services de capacité facturés en Mb/s

Description des services offerts

Les services présents dans le modèle sont les suivants:

1. Voix on net mobile
Il s'agit ici de tous les services téléphoniques on-net offerts par le réseau mobile, quel que soit le réseau d'accès (2G, 3G ou 4G). On ne distingue plus la destination de l'appel sur le réseau, ni la nature du réseau d'accès du destinataire (2G, 3G ou 4G). On inclura ici le trafic roaming on-net.
2. Voix on-net fixe
Il s'agit ici de tous les services téléphoniques on-net offerts par le réseau fixe, quel que soit le réseau d'accès (filaire ou radio). On ne distingue plus la destination de l'appel sur le réseau, local ou interurbain, ni la nature du réseau d'accès du destinataire (filaire ou radio).
3. Voix sortant de mobile vers réseaux nationaux
Service off-net des abonnés du réseau mobile, quel que soit la technologie utilisée (2G, 3G...). On ajoutera ici au trafic généré par les abonnés du réseau, le trafic roaming (abonnés d'autres réseaux hors du territoire national) vers des abonnés d'autres réseaux nationaux
4. Voix sortant de mobile collectée pour d'autres opérateurs nationaux
*Trafic d'abonnés à d'autres réseaux nationaux collecté pour être livré à ces réseaux :
- le trafic collecté pour des MVNO et livré à ceux-ci en cœur de réseau
- le trafic collecté au titre de l'itinérance domestique pour d'autres opérateurs nationaux et livré aux points d'interconnexion nationaux*
5. Voix sortant de fixe vers réseaux nationaux
Service off-net du réseau fixe, quel que soit la technologie d'accès utilisée (filaire, radio). Pour les services 3, 4 et 5, il peut exister plusieurs points d'interconnexion, notamment vis-à-vis des réseaux fixes, si la tarification de l'interconnexion conduit les opérateurs à optimiser les points de livraison du trafic. On adaptera les facteurs de routage selon les situations rencontrées.
6. Voix entrant de réseaux nationaux vers mobile
Services de terminaison sur un réseau mobile en provenance d'un autre réseau fixe ou mobile (MNO ou MVNO).
7. Voix entrant de réseaux nationaux vers fixe
Services de terminaison sur un réseau fixe en provenance d'un autre réseau fixe ou mobile (MNO ou MVNO).
8. Voix sortant mobile vers gw internationale
Ces services sont les services d'acheminement du trafic international d'un réseau mobile (vers la gateway internationale propre à l'opérateur concerné) du trafic international de ses abonnés. Si le trafic international est acheminé via un autre opérateur, le service doit être comptabilisé dans les services sortant vers un autre réseau.
9. Voix sortant fixe vers gw internationale
Idem mais pour les services d'acheminement du trafic international d'un réseau fixe
10. Voix entrant de gw internationale vers mobile
Services internationaux entrants sur le réseau, de la gateway internationale du même réseau, symétriques des services 8 et 9. La gw internationale doit appartenir au réseau considéré. Le trafic international entrant qui aurait transité par la gw d'un autre réseau est comptabilisé comme un trafic entrant de réseaux nationaux (service 6)
11. Voix entrant de gw internationale vers fixe
Services internationaux entrants sur le réseau, de la gateway internationale du même réseau, symétriques des services 8 et 9. La gw internationale doit appartenir au réseau considéré. Le trafic international entrant qui aurait transité par la gw d'un autre réseau est comptabilisé comme un trafic entrant de réseaux nationaux (service 7)
12. Transit domestique
Il s'agit ici des services de transit domestique téléphoniques entre deux autres opérateurs, fixes et/ou mobiles.
13. Voix transit vers gw internationale
Trafic reçu d'autres opérateurs nationaux pour être acheminé par la gw internationale de l'opérateur
14. Voix transit de gw internationale
trafic reçu de la gw internationale de l'opérateur destiné à d'autres réseaux nationaux
15. Voix appels payants vers plate-forme de service (CRM, prepaid...)

16. Voix appels gratuits vers plate-forme de service (CRM, prepaid, relevés de compte, consultation des boîtes vocales ...)
17. Voix appels de service (consommation d'exploitation, appels d'urgence)

Ces trois services sont des services d'appels vers des plates-formes de services pour les deux premiers, payants ou gratuits, sur réseaux fixes, mobiles ou intégrés. Il s'agit des appels (utilisant des circuits commutés – pour les appels SMS de même fonction, les comptabiliser avec les appels SMS on-net) vers les plates-formes de messagerie vocale, vers les plates-formes de prépaiement (pour rechargement des comptes, consultation des comptes, transferts de crédits etc.), vers les plates-formes de relation client ou vers toute autre plate-forme de service assurant une fonction au sein du réseau. Les appels de service sont les appels téléphoniques utilisés par l'opérateur pour sa propre exploitation. Ces appels viennent principalement du réseau (appels on-net). Les appels de consultation des messageries vocales sont inclus dans le service 16 si cette consultation est gratuite.

On comptabilisera ici parmi les services 17(consommation d'exploitation) les appels d'urgence dont l'acheminement est exigé par les cahiers des charges des opérateurs (vers les services de pompiers, de secours, de police, etc.) si ces services sont raccordés sur le réseau de l'opérateur. Sinon, ils seront considérés comme des appels sortants vers les autres réseaux domestiques.
18. Service 18
19. Service 19

en réserve
20. SMS on net
21. SMS sortant domestique
22. SMS sortant international
23. SMS entrant domestique
24. SMS entrant international
25. MMS on net
26. MMS sortant domestique
27. MMS sortant international
28. MMS entrant domestique
29. MMS entrant international

Trafics SMS et MMS on-net et off-net (sortant et entrant, que ce soit sur réseau fixe ou mobile (ou intégré). Cf. encadré ci-après.
30. Trafic USSD de gestion des services
31. Trafic USSD de monnaie électronique
32. Trafic USSD autres

Trafics USSD (Unstructured Supplementary Service Data) (on-net) de l'opérateur pour la gestion de ses services (téléphoniques, paiement...), ou pour la gestion de son offre de monnaie électronique. Trafic des autres utilisateurs de canaux USSD si l'ouverture de ces canaux est offerte.
33. Service 33
34. Service 34
35. Service 35
36. Service 36
37. Service 37
38. Service 38
39. Service 39

en réserve
40. Data fixe vendue au Go
41. Data mobile de/vers internet via accès 2G (en Go)
42. Data mobile de/vers internet via accès 3G (en Go)
43. Data mobile de/vers internet via accès 4G (en Go)

Il s'agit dans les services 40 à 43 des services d'accès à internet dits haut débit facturés au volume (in et out). On distingue les différents réseaux d'accès de façon à adapter les facteurs de routage correspondants.

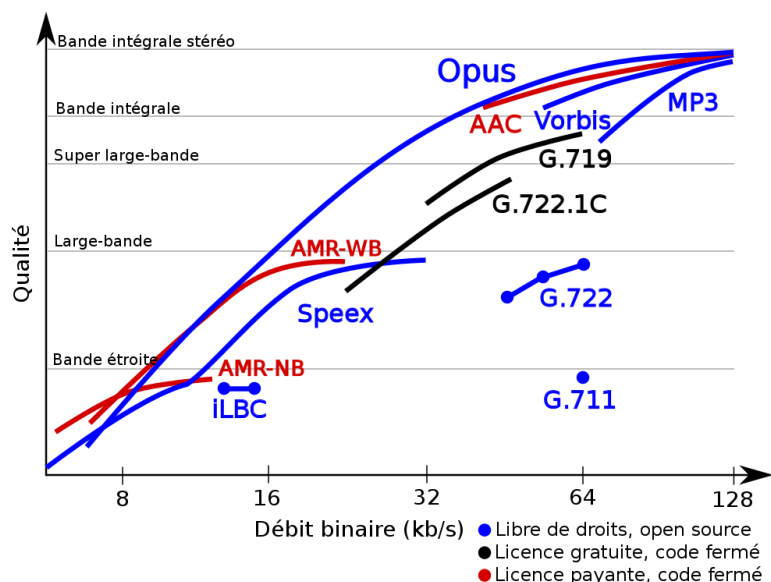
44. Service data LPWAN (Low Power Wide Area Network)
Trafic des services LPWAN de type Sigfox, LoRA, Weightless... destinés à acheminer le trafic de l'internet des objets (IoT). Exprimé en Go. Emprunte des passerelles spécifiques.
45. Service 45
46. Service 46
47. Service 47
48. Service 48
49. Service 49
en réserve
50. Connexion fixe au débit pour résidentiels (en Mb/s)
Trafic de données provenant ou allant vers des accès fixes résidentiels filaires (cuivre ADSL ou fibre) ou radio (BLR) en Mbps.
51. Connexion fixe au débit pour professionnels (en Mb/s)
Trafic de données provenant ou allant vers des accès fixes professionnels filaires (cuivre ADSL ou fibre) ou radio (BLR) en Mbps.
52. Connexion fixe au débit pour FAI (en Mb/s)
Trafic de données provenant ou allant vers des accès fixes pour FAI filaires (cuivre ADSL ou fibre) ou radio (BLR) en Mbps. Trafic de transit IP
53. Transit IP
Trafic de données facturé en Mb/s, mais selon la méthode de mesure 95/5. La mesure des débits offerts s'opère généralement sur la base de commits (engagements) des clients.
54. Service 54
55. Service 55
56. Service 56
57. Service 57
58. Service 58
59. Service 59
En réserve
60. Liaisons louées à d'autres opérateurs (eq. Mb/s)
61. Liaisons louées aux radio et télédiffuseurs (eq. Mb/s)
62. Liaisons louées aux clients finaux (publics et privés - eq. Mb/s)
Les liaisons louées offertes aux clients de l'opérateur modélisé (et non celles que loue à d'autres opérateurs le réseau considéré) se classent en trois catégories:
1- les liaisons louées aux autres opérateurs fixes et mobiles pour l'exploitation de leurs réseaux téléphoniques, de façon à relier leurs nœuds (BSC-BTS par exemple), mais aussi les liaisons d'interconnexion entre réseaux
2 – Les liaisons louées aux opérateurs de réseaux de radio/télédiffusion
3 – les liaisons louées à des clients finaux, qu'il s'agisse de clients publics (administrations, police, armée...) ou de clients privés (banques, transporteurs, commerces...).
La capacité de ces liaisons s'exprime en Mbits/s ou Mbps ou Mb/s (un EI=2Mb/s)
63. Service 63
64. Service 64
En réserve

Dans les feuilles où les services apparaissent, les services non utilisés (en réserve) sont généralement masqués. Quand un service ne semble pas apparaître dans cette nomenclature, il faut s'interroger sur sa similitude avec un service présent du point de vue de son occupation du réseau. Ainsi, un appel international reçu par un autre réseau et à destination du réseau étudié, sera livré vraisemblablement au même point d'interconnexion qu'un appel entrant domestique sur ce réseau: le trafic correspondant sera donc placé sur les appels entrants domestiques.

Pour chacun de ces trafics, le modèle demandera le volume de trafic dans l'unité dans lequel il est disponible (et généralement facturé). Ce sera en minutes pour les appels téléphoniques, en nombre de messages pour les SMS et MMS, etc. Ces unités seront converties en Go au moyen d'une clé de conversion qui tiendra compte des technologies de compression éventuellement utilisées sur les principales artères de transmission. Pour la voix, le codage moyen de la voix sur le réseau doit être renseigné. Les principaux codecs utilisés sont les suivants:

Codec	Variations en kbps	Codage moyen en kbps	Remarques
G.711	64	64	Codage MIC traditionnel défini en 1972, utilisé sur le RTC. Qualité perçue (MOS ⁴) bonne de 4.1
G.722	48/56/64		Évolution du G.711; qualité meilleure
G.722.2	6.6 à 23.85	12,65	Dénomme AMR-WB utilisé en WCDMA, GSM et UMTS
VMR-WB		8,55	Utilisé en CDMA2000
G.723.1	5.3/6.3	6,3	Haute compression et qualité, mais requiert plus de traitements
G.729	8	8	Amélioration des précédents standards, correcteur d'erreur, n'est plus soumis à licence depuis janvier 2017. MOS de 3.9
GSM	13	13	Compression traditionnelle du GSM, MOS de 3.7
Speex	2.15 à 44	12	Présent dans beaucoup d'applications, mais dépassé par Opus. Libre de droits
Opus	6 à 40	20	Évolution des codecs SILK (défini pour Skype, lui-même issu de iLBC) et CELT; libre de droits. Utilisé par WhatsApp et la plupart des navigateurs sur réseau fixe.

Le taux de conversion en Mb sera défini par la formule débit du codec*60/1000. Soit 3.84 pour un débit de 64kbps. On passera du Mb au Go par le facteur 1/8000.



Source: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Opus> Interactive Audio Codec

Pour la data, le trafic mobile sera exprimé en Go (giga octets) ou GB (giga bytes) identiques, unités dans lesquelles le trafic est décompté. Il cumulera le trafic upload et download sur les différentes générations de réseau. Ce trafic sera essentiellement un trafic international.

⁴ La "Mean Opinion Score" (MOS) est une mesure de la qualité perçue (qualité d'expérience) sur une échelle de 1 (bad) à 5 (excellent). Cf. https://en.wikipedia.org/wiki/Mean_opinion_score

Facteur de conversion

Rappel sur les unités :

Kilo 10³, Mega 10⁶, Giga 10⁹, Tera 10¹², Peta 10¹⁵, Exa 10¹⁸

1 B (Byte) ou 1 o (octet) = 8 b (bits)

Conversion de kb en Go : 1kb = 1/8000000 Go = 0.000 000 125 Go = 0.125 ko.

Téléphonie en Go

La minute est l'unité usuelle de la téléphonie. La conversion s'effectue au moyen d'un codec qui code avec un débit de q kb/s. De ce fait, 1 minute = 60 secondes = 60*q kb = 60*q/8 000 000 Go. On obtient le tableau suivant:

q (kb/s)	8	16	32	64	
Mo ou MB	0,06	0,12	0,24	0,48	
Go ou GB	0,000 06	0,000 12	0,000 24	0,000 48	

SMS, MMS et USSD

Un SMS est une chaîne maximale de 160 caractères codés sur 8 bits, soit 160*8/8000000000=0,000 000 16 Go.

Un MMS est un message d'un poids généralement compris entre 300 et 600 ko, soit entre 0,0003 et 0,0006 Go.

Une transaction USSD a le même poids qu'un SMS.

Mbps ou Mb/s

Le trafic data issu des réseaux fixes est généralement facturé en Mb/s (accès ADSL ou liaisons louées). La conversion en Go s'opère sur la base d'un taux de remplissage du canal paramétrable. Le trafic annuel maximal possible sur un accès à 1 Mbps est de 365*24*60*60 secondes Mb soit 31536 Gb ou 3942 Go/an ou 328.5 Go/mois. Le remplissage du canal offert doit se situer entre 20 et 50%, soit entre 60 et 160 Go/mois (au-dessus parfois pour un FAI), soit entre 700 et 2000 Go par an.

Transit IP (en Mb/s)

Le transit IP présente la caractéristique d'être facturé selon la règle du 95^{ième} centile de façon à permettre l'écoulement de burst de trafic. Le volume facturé est le max du commit (ce sur quoi le FAI s'est engagé) et du trafic écoulé, en éliminant les 5% les plus élevés (burst). Si la mesure du débit déclaré s'opère sur le commit, le remplissage de cet engagement doit prendre en compte les éléments suivants :

- le fait que le commit (plus le commit est élevé, plus le tarif au Mb/s est faible) est souvent surdimensionné
- même si la mesure à 95% égale le commit, le volume moyen écoulé est inférieur selon l'hétérogénéité du trafic
- le trafic écoulé est la somme in + out, alors que le commit peut être calculé sur le max(in,out)
- a contrario, le burst (sur 5% du temps) peut être bien plus élevé que le commit (2 à 3 fois)

On évaluera avec l'opérateur l'influence de ces facteurs sur le remplissage du commit pour évaluer le taux de conversion du commit en Go.

Dans l'onglet 'Services', le volume de trafic de chaque service sera saisi dans son unité de référence, telle qu'elle est précisée dans le tableau suivant :

Service	Unité de référence	Facteur de conversion par défaut en Go
Voix on-net mobile	Min	0,00012
Voix on-net fixe	Min	0,00012
Voix sortant de mobile vers national	Min	0,00012
Voix collectée de mobile vers national	Min	0,00012
Voix sortant de fixe vers national	Min	0,00012
Voix entrant national vers mobile	Min	0,00012

Voix entrant national vers fixe	Min	0,00012
Voix sortant de mobile vers gw internationale	Min	0,00012
Voix sortant de fixe vers gw internationale	Min	0,00012
Voix entrant de gw internationale vers mobile	Min	0,00012
Voix entrant de gw internationale vers fixe	Min	0,00012
Transit domestique	Min	0,00012
Voix transit vers gw internationale	Min	0,00012
Voix transit de gw internationale	Min	0,00012
Voix appels payants vers pf de service	Min	0,00012
Voix appels gratuits vers pf de service	Min	0,00012
Voix appels d'urgence et de service	Min	0,00012
Service 18	Min	0,00011719
Service 19	Min	0,00011719
SMS on net	Num	0,00000016
SMS sortant domestique	Num	0,00000016
SMS sortant international	Num	0,00000016
SMS entrant domestique	Num	0,00000016
SMS entrant international	Num	0,00000016
MMS on net	Num	0,0003
MMS sortant domestique	Num	0,0003
MMS sortant international	Num	0,0003
MMS entrant domestique	Num	0,0003
MMS entrant international	Num	0,0003
Trafic USSD gestion des services	Num	0,00000016
Trafic USSD monnaie électronique	Num	0,00000016
Trafic USSD autres	Num	0,00000016
Service 33	Num	
Service 34	Num	
Service 35	Num	
Service 36	Num	
Service 37	Num	
Service 38	Num	
Service 39	Num	
Data fixe vendue au Go	Go	1
Data mobile de/vers internet 2G	Go	1
Data mobile de/vers internet 3G	Go	1
Data mobile de/vers internet 4G	Go	1
Data LPWAN (IoT)	Go	1
Service 45	Go	1
Service 46	Go	1
Service 47	Go	1
Service 48	Go	1
Service 49	Go	1
Connexion fixe au débit résidentiels	Mb/s	1183
Connexion fixe au débit professionnels	Mb/s	1971
Connexion fixe au débit FAI	Mb/s	3548
Transit IP	Mb/s	1380
Service 54	Mb/s	
Service 55	Mb/s	
Service 56	Mb/s	
Service 57	Mb/s	
Service 58	Mb/s	
Service 59	Mb/s	
Liaisons louées à d'autres opérateurs	Mb/s	788
Liaisons louées aux télédiffuseurs	Mb/s	1971
Liaisons louées aux clients finaux (publics et privés)	Mb/s	986
Service 63	Mb/s	
Service 64	Mb/s	

Les facteurs de conversion par défaut sont mentionnés dans ce tableau. Ils résultent du tableau de conversion/remplissage placé en tête de l'onglet 'Services' modifiable :

Codage moyen de la voix (kbps)	16	16
Taille maximum autorisée d'un MMS (en ko)	300	
Volume Go exprimé en IP (=1) ou ATM (=2) ?	2	
Facteur de correction ATM/IP	25%	
Taux d'occupation des débits (Mb/s) offerts aux		
Résidentiels	30%	
Professionnels	50%	
FAI	90%	
Taux d'occupation des liaisons louées offertes aux		
Opérateurs de réseaux	20%	
Télédiffuseurs	50%	
Clienst finaux publics ou privés	25%	
Taux de conversion du transit IP	35%	

Ces facteurs de conversion/remplissage doivent être adaptés en fonction de chaque contexte.

Cas particuliers

Dans les encadrés qui suivent, quelques cas particuliers sont détaillés.

Trafic facturé et trafic gratuit

Pour de nombreuses catégories de trafics, les formules tarifaires font fréquemment apparaître un trafic facturé (décompté dans les crédits des usagers) et un trafic "gratuit" sous forme de minutes ou secondes non décomptées (bonus, minutes au-delà d'un certain temps, vers certains correspondants...) et ce sur des destinations éventuellement restrictives (on-net, all-net domestique, all-net international...). Le trafic qui doit être retenu est le trafic total écoulé par le réseau, quelle que soit la formule tarifaire selon laquelle il est décompté.

Le trafic à prendre en compte est le trafic annualisé global, intégrant tous les trafics facturés (qu'ils le soient au volume ou de façon forfaitaire) ainsi que le trafic non facturé qui a pu être écoulé sur le réseau. Ce trafic non facturé peut recouvrir les types de trafic suivant en sus des trafics offerts "commerciallement":

- trafic nécessité par l'exploitation de l'opérateur (trafic des services opérationnels) qui sera en général traité en comptabilité à la fois en recettes et en dépenses
- trafic "offert" aux clients:
 - consultations des messageries vocales : le trafic orienté vers les boites vocales sera comptabilisé de façon similaire à ce qu'il aurait été s'il avait abouti (on-net, entrant...).
 - trafic vers des plates-formes de services : centres de relations clients, consultations de soldes de comptes, chargement de cartes (en mode commuté), etc.
 - Trafic des services d'urgence

Opérateur intégré fixe-mobile

De nombreux opérateurs historiques ou non intègrent à la fois une activité fixe et une activité mobile. Si les statistiques de trafic distinguent l'activité fixe de l'activité mobile, alors, il est possible d'entrer le trafic de façon différenciée : on-net fixe et on-net mobile, et le trafic entre le fixe et le mobile comme sortant d'un réseau et entrant dans l'autre de façon croisée, en cumul des trafics externes entrant et sortant constatés vers les autres réseaux. Bien vérifier alors que les facteurs de routage sont correctement spécifiés, sinon les modifier dans les cases vierges prévues à cet effet.

Si les statistiques de trafic ne distinguent pas l'activité fixe de l'activité mobile, il faut choisir un des deux services on-net et adapter les facteurs de routage en conséquence.

Trafic d'itinérance domestique

Le trafic d'itinérance domestique concerne la collecte d'appels effectuée sur le réseau de l'opérateur pour le compte d'un autre opérateur domestique. Il s'apparente au trafic de roaming. Mais, il sera comptabilisé à part (service 4) de façon à pouvoir reconstituer tout le trafic d'interconnexion dans une optique de CMILT "stricts". Il sera considéré au niveau de l'acheminement sur le réseau comme du trafic sortant vers un autre réseau.

Trafic des opérateurs virtuels (MVNO)

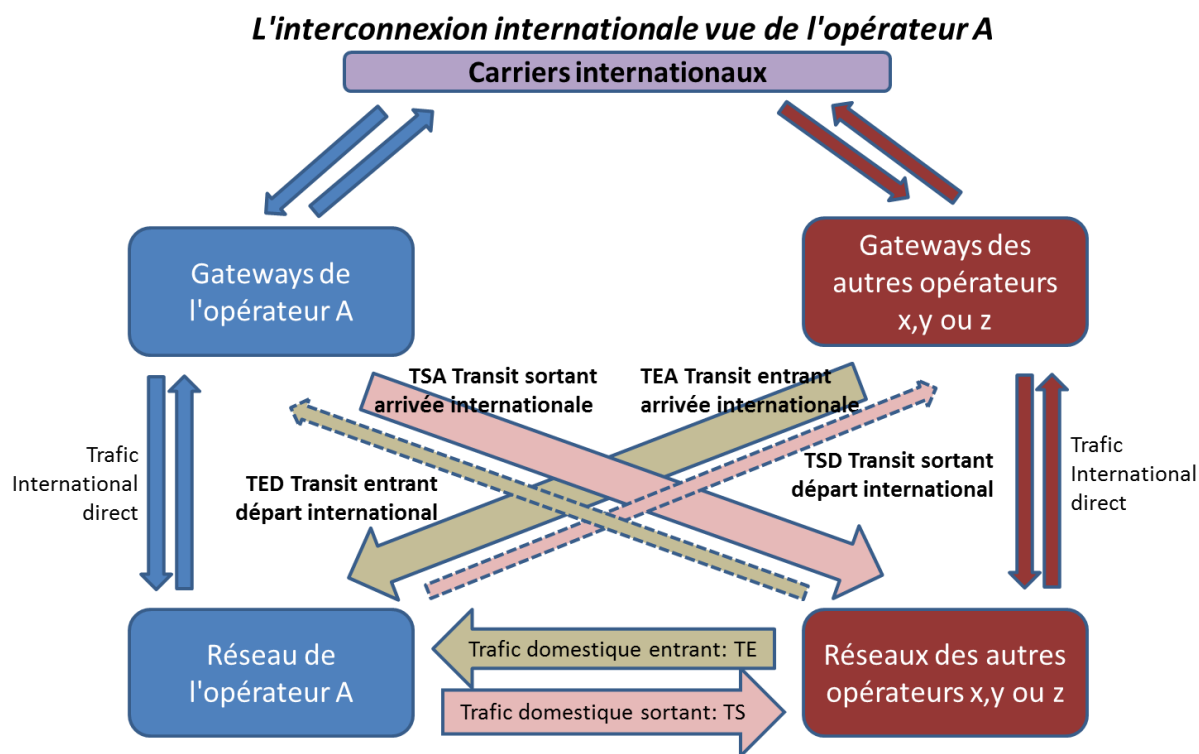
On distingue parmi les MVNO deux types d'opérateurs, les MVNO light qui ne font que gérer commercialement un trafic empruntant le réseau d'un opérateur hôte et des full MVNO qui assurent une partie des fonctions de contrôle de l'acheminement.

Le trafic des light MVNO sera considéré de la même façon que le trafic des abonnés de l'opérateur, il s'agit juste d'un mode de commercialisation différent.

Le trafic des full MVNO sera considéré pour la voix au titre de la collecte de trafic (service 4) et au titre de la terminaison de trafic (services 6 ou 7).

Trafic international

Dans son expression la plus simple, le trafic international se résume à un trafic entrant et un trafic sortant vers la ou les gateways ou liaisons internationales de l'opérateur. Mais, dans les faits, ce trafic est plus complexe et fait intervenir de multiples trafics en transit représentés sur le schéma suivant :



Il existe quatre types de trafic en transit au niveau international représentés sur ce diagramme entre un réseau A et les autres réseaux : ce qui vient ou va des gateways des autres opérateurs vers le réseau A (trafics TEA et TSD), et ce qui vient ou va des gateways de A vers les autres réseaux (trafics TSA et TED).

Nous suggérons de les traiter comme suit :

- les trafics TSA et TED empruntent en transit le lien du réseau A vers ses gateways internationales, mais n'empruntent aucun autre élément du réseau A ; ils interviendront donc uniquement sur les services 13 et 14;
- le trafic TEA termine sur le réseau A; il doit être considéré comme du trafic entrant d'un autre réseau domestique (services 6 ou 7);
- le trafic TSD est collecté sur le réseau A; il doit être considéré comme du trafic sortant vers un autre réseau domestique (services 3 ou 5);

Attention de ne pas compter deux fois ces trafics qui peuvent être déjà inclus dans les données des trafics entrant ou sortant.

Trafic de roaming

Le trafic de roaming des abonnés du réseau concerné sur d'autres réseaux étrangers (outbound ou roaming out) ne sera pas considéré, puisqu'il n'emprunte pas l'infrastructure de réseau de l'opérateur considéré, sauf pour les appels passés depuis l'étranger vers le réseau d'origine (appels internationaux entrants).

Par contre, le trafic de roaming d'abonnés d'opérateurs étrangers empruntant le réseau considéré (inbound) sera comptabilisé comme trafic on-net s'il est à destination d'abonnés du réseau ou comme trafic off-net (sortant-outgoing) s'il est à destination d'abonnés de réseaux tiers, domestiques ou internationaux. Si cette précision n'est pas fournie, on considérera le trafic de roaming in comme du trafic sortant selon les cas, vers un autre réseau mobile ou vers l'international, selon les caractéristiques des utilisateurs du roaming (hommes d'affaires ou touristes)⁵.

Attention aux doubles comptes: le trafic roaming doit être pris en compte s'il n'est pas déjà intégré dans les divers courants de trafic (on-net, sortant, entrant).

Messages (SMS, MMS, USSD...)

Les messages ne représentent pas en volume un gros trafic. Toutefois, ils concourent souvent de façon substantielle aux recettes ou à la qualité des services offerts. Bon nombre de ces messages (dont certains –SMS, USSD- empruntent les voies de signalisation des réseaux) sont émis par les opérateurs pour la gestion de leurs services: gestion des crédits, relevés de compte, mobile money, etc. Tous les messages, qu'ils soient facturés ou non, doivent être pris en compte, car ils chargent le réseau.

Compte tenu de leur faible poids en termes de trafic (exprimé en Mbs), on ne retient que les catégories suivantes de messages:

- les messages on-net (y compris donc tous les messages de services adressés aux clients de l'opérateur);
- les messages USSD seront tous regroupés sous un même intitulé et considérés comme on-net (en facteurs de routage);
- les messages sortants du réseau, vers des réseaux domestiques ou internationaux, y compris les messages en roaming inbound;
- les messages entrants dans le réseau, selon leur provenance (domestique ou internationale).

Liaisons louées (LL)

Les liaisons louées sur le réseau de l'opérateur étudié, à des clients externes ou pour ses propres besoins, forment des services vendus au même titre que les services commutés et occupent des capacités sur le réseau. Elles doivent donc être considérées à ce titre dans un tableau listant les services offerts par l'opérateur. C'est la raison d'être des services 60 à 62 de la liste ci-dessus.

Note: les liaisons achetées à d'autres opérateurs sont intégrées dans les dépenses et sont traitées dans l'onglet "financial".

Quatre catégories de liaisons louées sont considérées:

⁵ Attention: le roaming in à considérer ici est fréquemment considéré comme du trafic sortant par les opérateurs, car en matière de recettes, ce trafic est facturé aux opérateurs tiers comme du trafic entrant. En matière de routage, ce trafic est assimilable à du trafic émis depuis le réseau (sortant).

- Les liaisons louées à des clients finaux. Il s'agit en général d'entreprises ou d'administrations appartenant à différents secteurs d'activité (Banques, assurances, transports, distributions, administrations publiques, armée, police...)
- Les liaisons louées à d'autres opérateurs publics de télécommunications. Il s'agit ici de toutes les liaisons offertes aux autres opérateurs, pour l'interconnexion des réseaux ou pour le déploiement de leurs réseaux (liens de desserte de BTS, liens pour backbone...)
- Les liaisons louées aux entreprises de radio-télédiffusion
- Les liaisons louées à d'autres activités de l'opérateur étudié, non comprises dans le champ considéré dans le modèle (Réseaux de données (IP, X25, FR...), réseaux de messages (Telex...), etc.). Dans la mesure où les réseaux sont désormais intégrés en mode IP, cette dernière catégorie de liaisons est appelée à disparaître et s'il en subsiste, elle sera confondue avec les liaisons louées aux radiodiffuseurs.

Dans la nouvelle version du modèle, une simplification a été introduite pour le traitement des liaisons louées. En effet, les liaisons louées écoulent soit du trafic téléphonique, soit du trafic data. Désormais, dans la plupart des situations, le trafic téléphonique est converti en data pour être acheminé, les LL doivent donc être considérées comme véhiculant du trafic data à l'exception encore des LL convoyant du trafic audiovisuel tant que la TNT n'est pas pleinement déployée.

Pour charger le réseau du trafic de ces liaisons, il fallait estimer leur charge. Or, ces charges ne sont pas mesurées. Et le prix unitaire d'écoulement du trafic qui y passe est extrêmement bas pour les rendre attractives par rapport à l'usage du réseau ouvert au public. Pour établir leur charge, il était commun de partir de la tarification des liaisons rapportée au prix unitaire des communications afin d'obtenir un ratio de charge. Dans d'autres modèles, il était convenu qu'une liaison louée (notamment les BPN d'interconnexion) d'une capacité E1 véhiculait 2.8 millions de minutes sur ses 30 canaux par an, soit un "remplissage" de 2.8/15.768 minutes possibles de 17.75%.

La partie des liaisons louées à prendre en compte ne concerne que ce qui passe dans le réseau backhaul du réseau fixe et le cœur du réseau, les boucles locales raccordant vers les points d'entrée dans le réseau n'étant pas considérées. Concrètement, leur trafic charge essentiellement le cœur de réseau NGN. Il apparaît dès lors plus simple d'avoir par catégorie de LL un trafic écoulé par Mbps loué. Ceci évite de compiler l'ensemble du parc de LL et de ne collecter que la totalité de la capacité offerte par type de liaison.

Facteur de conversion pour les liaisons louées (LL)

Si on considère que les LL transportent de la data, 1 Mbps permet un débit maximal de 328.5 Go/mois ou 3942 Go/an (cf. le calcul des ratios d'occupation des accès fixes ci-dessus).

Par défaut, nous proposons les ratios d'occupation suivants :

- pour les LL "privées", nous retenons un ratio d'environ 25% soit 1000 Go par an et par Mbps.
- pour les LL vendues à d'autres opérateurs pour compléter leurs réseaux, nous retenons un ratio de 38%, soit 1500 Go par an et par Mbps.
- pour les LL vendues aux radiodiffuseurs, nous retenons un ratio de 30% tenant compte à la fois d'une nécessaire redondance de sécurisation et d'un temps de diffusion inférieur à la journée, soit 1200 Go par an et par Mbps.

La connaissance du trafic est essentielle à une bonne évaluation des coûts d'interconnexion. Le trafic forme en effet le diviseur des coûts et a en ce sens un impact particulièrement important sur le résultat final.

Le réseau qui est considéré dans les modèles CMILT est généralement le réseau disponible en fin d'exercice (au 31 décembre par exemple): il s'agit des éléments de réseau qui seront intégrés dans les comptes d'actifs comme "en service" (ce qui n'est pas le cas des immobilisations en cours). Ce réseau est donc celui qui a écoulé le trafic du dernier mois de l'exercice, ce trafic pouvant être sensiblement différent du trafic moyen de l'année considérée. Il est inférieur à celui de la fin d'année si le réseau est en croissance, et supérieur si le réseau est en décroissance. Pour arbitrer ce décalage entre l'offre de capacités du réseau en fin d'année n et le trafic moyen de l'année n, il sera procédé comme suit:

- le trafic annuel renseigné sera le trafic de l'année n (colonne E). Cela permettra éventuellement de vérifier la pertinence du trafic fourni, par exemple à l'aide de ratios du chiffre d'affaires par type de service sur le trafic correspondant.
- néanmoins, pour évaluer correctement la charge supportée par le réseau, on entrera dans la feuille services (colonne L) le trafic du mois de décembre, puisque le réseau pris en compte (équipements en service) est celui du mois de décembre. Le réseau a de fait supporté le trafic de décembre.

On peut même penser que le réseau en service en fin d'exercice est dimensionné pour écouler le trafic prévisionnel des premiers mois de l'exercice suivant. Mais, devant la difficulté d'estimer ce trafic prévisionnel, on retient en général le trafic du dernier mois de l'exercice considéré pour le descriptif des éléments de réseau, annualisé. Si le trafic de décembre (ou du dernier mois de l'exercice sur lequel s'opère la modélisation) apparaît atypique pour une raison particulière (présence d'événements exceptionnels ou de fêtes à fort impact sur le trafic – ramadan par exemple), on retiendra en colonne L un trafic **mensualisé** significatif du trafic supporté par le réseau en fin de période (par exemple, moyenne des trois derniers mois de l'exercice).

On entrera donc comme données de trafic le trafic de l'année n (somme du trafic des douze mois) en colonne E dans la feuille services et on introduira dans la colonne L, le trafic **mensualisé** représentatif des derniers mois de la période cible.

La validité des données de trafic sera appréciée notamment par réconciliation des trafics échangés avec d'autres réseaux: cette réconciliation peut être mauvaise (le trafic sortant de A vers B déclaré par A est sensiblement différent du trafic entrant de A vers B déclaré par B – sensiblement veut dire présentant un écart supérieur à 1-2%); il conviendra alors d'approfondir les raisons de ces écarts et éventuellement de retenir une règle de validation du trafic.

La distinction de deux services n'a de sens que s'ils génèrent une utilisation différente du réseau, c'est-à-dire en substance, si leurs facteurs de routage sont différents. Si deux services ont des facteurs de routage semblables (ou qui ne peuvent pas être différenciés), alors, ils peuvent être regroupés sous une même rubrique sans conséquence pour la modélisation. Si donc un service apparaît manquant dans la nomenclature proposée, son trafic peut être regroupé avec un service dont les facteurs de routage seront identiques. Si un service apparaît manquant avec des facteurs de routage spécifiques, il est possible d'utiliser un intitulé en réserve à condition de bien spécifier les facteurs de routage de ce service dans les tables de

routage. Le modèle apparait de ce point de vue avec 64 possibilités de service extrêmement flexible.

Quelques repères sur le trafic

En Afrique, le trafic mensuel et annuel s'établit autour des grandeurs suivantes arrondies fournies pour les années 2017-2018:

Service	Unité	Indicateur	Par mois	Par an
Téléphonie*	Minutes	Consommation par carte SIM	50	600
Téléphonie*	Minutes	Consommation par habitant	50**	600**
Internet*	Go	Consommation totale par carte SIM connectée***	1,2	15
Internet*	Go	Consommation totale par habitant	0,3****	3,6

* trafic téléphonique au départ et arrivée internationale, fixe et mobile, Internet fixe et mobile.

** identité des indicateurs dans le cadre d'une pénétration apparente (cartes SIM/population) voisine de 100%

*** Taux de pénétration de l'accès à internet de l'ordre de 25%

**** soit une consommation moyenne par jour par habitant de 10Mo, et de 40 Mo par SIM connectée.

Les données par pays peuvent varier de +/-50%.

Avec un taux de conversion de 0.00012Go par minute (codage à 16 kbps), 600 minutes consommées (soit 10heures par an) représentent 0.072 Go, soit 2.4% des 3Go consommés dans l'année. Avec un codage à 64 kbps, la voix représenterait moins de 10% du trafic data. La téléphonie ne pèse plus énormément dans le trafic cumulé de tous les services.

Dans les pays développés, la consommation téléphonique par habitant avoisine en moyenne les 3600 minutes par an, soit 5h par mois ou 60 heures par an. La consommation d'internet mobile par carte SIM tourne autour de 3Go par mois. Le trafic de données issu des lignes fixes, bien plus considérable, n'est pas estimé.

Les parcs

Les trafics forment une donnée essentielle à la modélisation. Les données de parc sont collectées par souci de cohérence, mais ne sont pas des données cruciales pour la modélisation. Bien souvent, le volume des abonnés (parcs) dépend de définitions (abonnés actifs, abonnés identifiés...) qui ne sont pas homogènes d'un opérateur à l'autre, voire d'une période à l'autre. Les données de parc collectées permettent de calculer un certain nombre de ratios (trafic par ligne/SIM, ARPU...) qui attestent de la cohérence des données fournies.

On renseignera le parc de lignes fixes et le parc de cartes SIM, selon leur nature (type de raccordement, type de facturation (prépayé, postpayé...)).

2. Architecture et éléments de réseau

Un réseau est constitué d'une architecture agençant des éléments de réseau. Ces éléments de réseau sont en général acquis auprès de fournisseurs extérieurs (équipementiers). Ils sont installés par l'opérateur ou par le fournisseur. Ils sont mis en œuvre (opérés et maintenus) par l'opérateur ou par un tiers prestataire de services (qui peut être par exemple l'équipementier qui les a fournis).

On distingue deux grandes catégories d'éléments de réseau: ceux qui nous qualifions de nœuds et ceux que nous qualifions de liens. Les nœuds (nodes) sont les éléments de réseau qui "aiguillent" les appels/messages... sur des routes joignant ces nœuds. Les liens (links) sont des éléments de réseau basés sur une technologie particulière qui permettent d'assurer la transmission requise par les services sur les routes entre les nœuds. Il nous faut bien distinguer les liens des routes.

Les routes caractérisent la relation entre deux nœuds, comme présenté dans la matrice suivante:

	Nœud A	Nœud B	Nœud C
Nœud A	Route A-A	Route A-B	Route A-C
Nœud B	Route A-B	Route B-B	Route B-C
Nœud C	Route A-C	Route B-C	Route C-C

Les routes ne sont pas fléchées (route A-B et route B-A sont les mêmes). Ainsi, si le nœud A est formé des BTS d'un réseau mobile et le nœud B des contrôleurs de ce réseau (BSC), alors la route A-B est la route BTS-BSC.

Les liens sont les dispositifs techniques qui supportent les routes. Il s'agit principalement des liaisons en fibre optique, des liaisons hertziennes, des satellites et leurs infrastructures associées qui offrent des capacités aux différentes routes, selon une matrice du type suivant:

	Lien 1	Lien 2	Lien 3
Route A-B	x		
Route B-C	x	x	
Route A-C		x	x

Si le lien 1 est constitué de faisceaux hertziens, alors, la route A-B ne recoure qu'aux faisceaux hertziens.

À un niveau plus élémentaire, un lien sera constitué de plusieurs trajets ou tronçons qui permettront de le décrire. Ainsi, une fibre optique pourra être décrite selon ses tronçons, qui découpent le lien en unités élémentaires.

Nous retenons donc le vocabulaire suivant:

Terme	Définition	Exemple	Traduction anglaise utilisée
Route	Relie deux nœuds du réseau	Route entre une BTS et un BSC	Route
Lien	Supporte des routes multiples, basé sur une technologie	Boucle SDH en fibres optiques reliant des BSC et MGW	Link
Tronçon - trajet	Découpe d'un lien	Un bond d'un FH	Section - Path

Le modèle accepte 32 nœuds et 32 liens ainsi que 32 routes. Il ne comprend pour le moment que le développement de 18 types de nœuds, certains étant tombés en désuétude, 7 catégories de liens, et 3 types de routes, chaque élément de réseau faisant l'objet d'une feuille de calcul dans le modèle, structuré de façon voisine. Néanmoins, chaque élément de réseau nécessite une programmation particulière de son dimensionnement et de ses coûts. Toute introduction d'un nouvel élément de réseau suppose donc une programmation spécifique du modèle.

Si l'on reprend l'évolution technologique des réseaux mobiles, le modèle peut couvrir actuellement les générations colorisées en jaune:

Génération	1G	2G	2.5 & 2.75 G	3G (IMT 2000)	3.5 & 3.75 & 3.9 G	4G (IMT Advanced)
Première ouverture	1978-1981	1991	2000 (GPRS) et 2003 (EDGE)	2001	2008	2012
Analogique	NMT, DataTac, RC2000, C-NETZ, Hicap					
Famille AMPS	AMPS, TACS	D-AMPS (IS54 - IS136)				
Famille GSM/3GPP		GSM, DCS 1800	HSCSD, GPRS, EDGE	W-CDMA (UMTS), TD-SCDMA	HSDPA, HSUPA, HSPA, LTE (HSOPA = E-UTRA)	LTE Advanced
Famille 3GPP2		CDMA One (IS 95)	CDMA 2000 1xRTT (IS 2000)	CDMA 2000 1xEV (IS 856)	EV-DO, UMB	
Famille WiMax					WiMAX (IEEE 802.16e-2005)	IEEE 802.16m
Autres		DECT, PDC	WiDEN			

Pour ce qui concerne les familles WiMax et 3GPP2, le modèle les considère uniquement comme boucle locale radio de réseaux fixes, sans mobilité.

Les nœuds présents dans le modèle sont les suivants:

- nœuds des réseaux d'accès fixe (5 nœuds)
- nœuds des réseaux d'accès mobiles (5 nœuds)
- nœuds du cœur de réseau (6 nœuds)
- nœuds plateforme de service (2 nœuds)

Le nœud 9 "passerelle LPWAN" n'est pas actuellement développée.

Liste de nœuds présents dans le modèle :

#	Nom français	Nom anglais	Fonction
1	MSAN	MSAN	Unité de raccordement d'abonnés (anciennement URAD)
5	BS WLL	BS WLL	Accès radio (BLR) généralement CDMA
6	BSC WLL	BSC WLL	Contrôleur des accès des réseaux WLL, généralement RAC
7	BS Wimax	BS Wimax	Accès radio Wimax
8	BSC Wimax	BSC Wimax	Contrôleur des accès des réseaux Wimax
9	Passerelle LPWAN	LPWAN GW	Gateway Low Power WAN (IoT)
11	BTS	BTS	Accès du réseau GSM (2G)
12	BSC	BSC	Contrôleur des accès de réseaux GSM (2G)
13	NodeB	NodeB	Accès des réseaux 3G (UMTS), y compris SRAN
14	RNC	RNC	Contrôleur des accès de réseaux 3G
15	eNodeB	eNodeB	Evolved Node B (réseau 4G - LTE)
20	MGW	MGW	Media Gateway
21	MSC Server	MSC Server	Serveur d'appels (Softswitch ou MGW Controller)
22	Routeur IP MPLS	IP MPLS Router	Routeurs des réseaux IP MPLS, P et PE
23	IGW	IGW	Gateway internationale (SBC, MGW, GMSC, CTI, stations)
24	GGSN	GGSN	Gateway GPRS Support Node
25	SGSN	SGSN	Serving GPRS Support Node
27	HLR	HLR	Home Location Register
28	SMSC	SMSC	Serveur de SMS (Short Message Service Center)

La caractérisation des nœuds d'un réseau est indépendante de la caractérisation des services offerts sur ce réseau: en fonction de la disponibilité des données (notamment de trafic), on arbitrera de telle façon à pouvoir renseigner les facteurs de routage.

Les catégories de liens présents dans la modèle sont les suivants:

#	Nom français	Nom anglais	Fonction
1	SDH - WDM	SDH - WDM	Électronique de transmission sur réseau optique
2	Câbles de fibres optiques	Optic fiber cables	Infrastructure de transmission optique
3	Faisceaux hertziens	Microwave links	Électronique de transmission sur réseau hertzien
4	Pylônes	Masts	Infrastructure de transmission hertzienne
5	Conduites	Pipes	Infrastructure de transmission filaire
6	Satellite	Satellite	Capacités de transmission sur satellites
7	Sites et énergie	Sites and energy	Infrastructures passives d'hébergement

Le modèle admet 32 liens, mais également 32 routes potentielles reliant donc les 32 nœuds potentiels.

On trouvera en partie III-2 le détail des informations requises pour chaque élément de réseau.

Ces éléments de réseau s'assemblent au sein de deux réseaux qui se complètent:

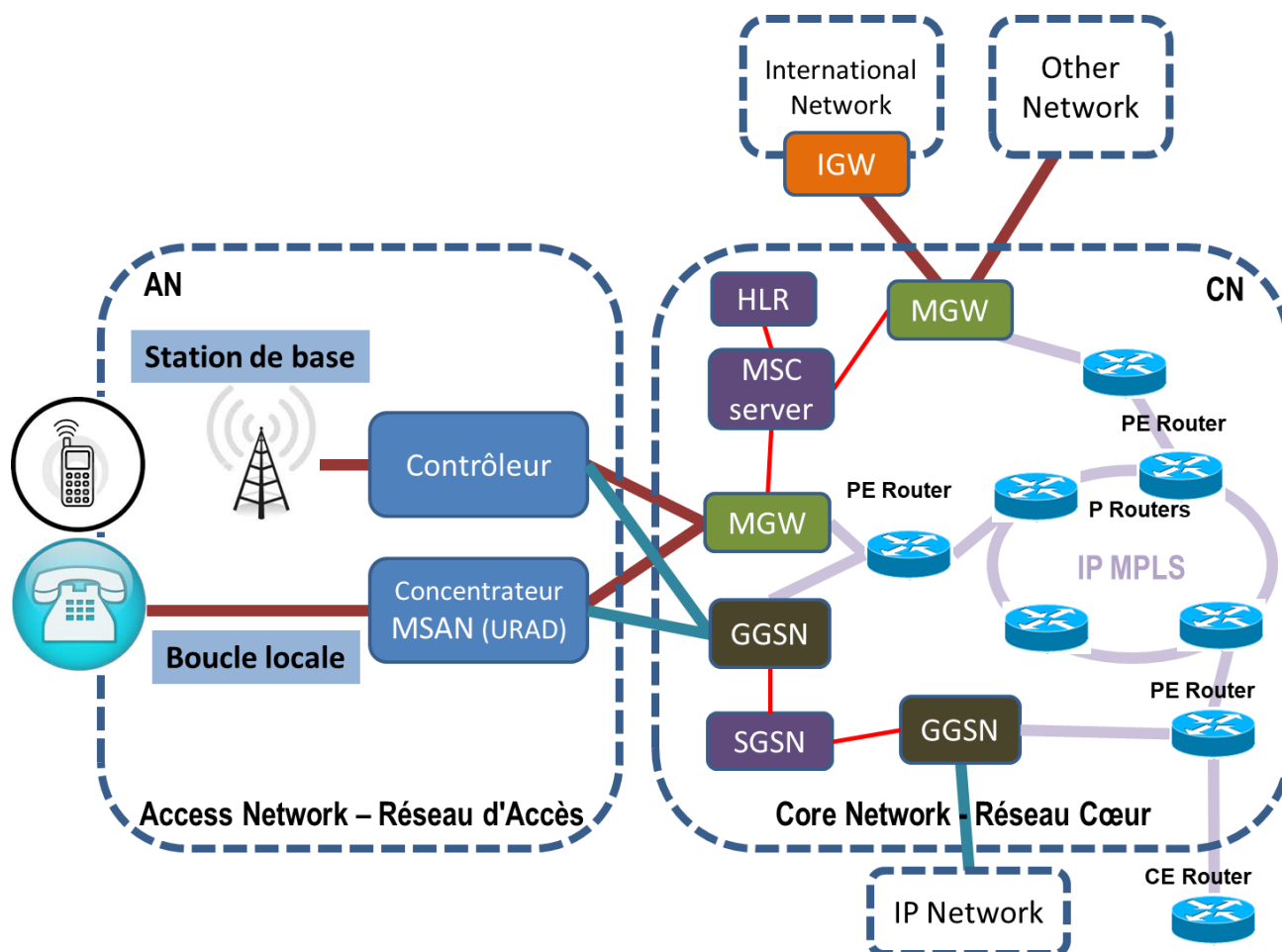
- Des réseaux d'accès (Access Networks – AN)
- Des réseaux cœur (Core Networks – CN).

Les réseaux d'accès (AN) peuvent être radio (RAN) ou filaires (MSAN), fixes ou mobiles. Ils comprennent généralement deux composantes, des équipements de raccordement (local loop en cuivre par exemple, ou en fibre, et stations de base pour les accès radio) et des équipements de contrôle et de concentration, des contrôleurs de stations de base par exemple ou des unités de raccordement distantes (MSAN, URAD).

Les stations de base d'un accès radio ou mobile peuvent appartenir à différentes technologies (WLL-CDMA, Wimax, GSM 2G, 3G, LTE...). Chacune de ces technologies suppose son propre contrôleur, intégré ou non, qui peut présenter une compatibilité ascendante.

L'architecture NGN prend alors la forme suivante:

Figure 1 - Architecture simplifié d'un réseau NGN



Le cœur du réseau, qui interconnecte les réseaux d'accès (et les autres réseaux, dont les réseaux internationaux), est aujourd'hui composé de trois niveaux:

1. Un niveau assurant encore éventuellement la conversion TDM-IP constituée de mediagateway (MGW) pour la partie voix et de GGSN (Gateway GSN - GPRS Support Node) pour la partie data, assurant la relation avec les réseaux externes s'ils ne sont pas connectables en mode IP direct; les connexions internationales ou avec d'autres réseaux domestiques se font encore souvent à partir de MGW.
2. Un niveau IP MPLS, assurant l'acheminement physique des communications de toute nature, en mode IP labellisé, lui-même composé de deux niveaux, un niveau PE (Provider Edge) constitué de routeurs assurant la labellisation des paquets et un niveau P (Provider ou LSR Label Switch Router) assurant l'acheminement de paquets labellisés.
3. Un niveau constitué de serveurs de services, (MSC Server ou softswitch notamment, ou de façon plus générique des MGW Controller pour la voix, SGSN (Serving GSN) pour la data) et de leurs bases support (notamment de localisation, HLR, ou de centres de service de type SMSC) permettant la gestion des services offerts par le réseau

Dans les réseaux GSM, le réseau d'accès était appelé BSS (Base Station Subsystem) et le réseau cœur le NSS (Network and Switching System). Dans les réseaux 3G, on parle plus volontiers de Radio Access Network (RAN) et plus précisément de UTRAN (UMTS (ou Universal) Terrestrial Radio Access Network). La répartition des fonctions dans les équipements change sensiblement avec les générations technologiques, voire les constructeurs, allant dans le sens d'une plus grande intégration. Ainsi, dans le réseau d'accès des réseaux GSM 2G, entre les contrôleurs et le cœur du réseau, existaient des TC (Transcoder) aujourd'hui généralement intégrés dans les contrôleurs. Les réseaux 4G fusionnent la partie station de base et contrôleurs.

Dans le cœur du réseau, les fonctions assurées par les mediagateways et les serveurs téléphoniques (softswitch ou MSC-Server) étaient assurées dans des équipements de commutations traditionnels dénommés centraux (Centraux à autonomie d'acheminement sur les réseaux fixes, et MSC sur les réseaux mobiles). Ces centraux étaient en nombre important. La dissociation fonctionnelle permet de réduire drastiquement le nombre de serveurs (ou contrôleurs) de gateways qui assurent l'acheminement ou le routage sans se soucier de la nature des services concernés.

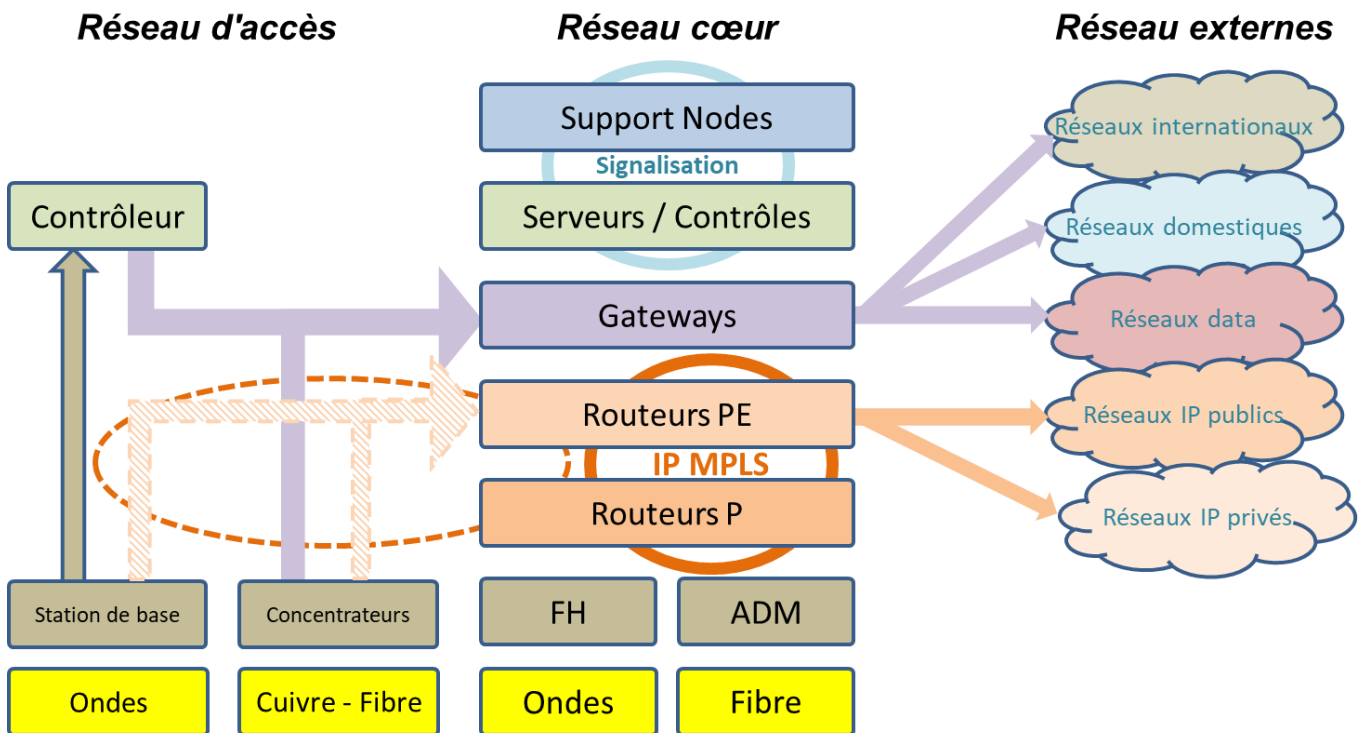
La transmission nécessaire pour relier ces équipements nodaux entre eux peut également se scinder en deux parties: le backhaul assure la transmission de capillarité au sein du réseau d'accès, et le backbone assure la transmission maillée au sein du réseau cœur.

Le schéma ci-dessus est un schéma qui reste un schéma de transition entre les architectures 2G-3G et des architectures tout IP, apparaissant peu à peu avec la 4G, bien que l'interconnexion externe nécessite souvent toujours un niveau de passerelles.

Cette architecture fonctionnelle peut également être représentée sur le schéma suivant, où se distinguent toujours les trois catégories de réseaux envisagées (réseau d'accès, réseau cœur, réseaux externes) et les "couches" qui vont des couches physiques (ondes et fils (cuivre, fibre)) jusqu'aux gateways assurant le transfert entre protocoles utilisées et les niveaux supérieurs de contrôle, commande, service (serveurs et leurs supports). Dans le monde en transition que nous connaissons, les gateways restent centrales (et onéreuses) avant l'irruption de réseaux tout IP et d'équipements de plus en plus intégrés.

Au fur et à mesure que la transition architecturale prend place, on doit s'interroger sur la prise en compte plus systématique des nouvelles architectures en remplaçant les "vieux" équipements (et donc les vieilles architectures) par des architectures et équipements "équivalentes" et modernes. Ainsi, par exemple, les URAD restantes doivent être remplacées par des MSAN, intégrant à la fois la connexion voix et la connexion data (ADSL).

Figure 2 - Architecture fonctionnelle d'un réseau NGN



Le nombre de routes (qui relient des nœuds) retenues dans le modèle a été revu à la baisse. Pour réduire la complexité du modèle au fur et à mesure qu'augmentent les nœuds pris en compte, nous avons classé les nœuds en trois catégories:

- a. les **nœuds d'accès (AN)**, c'est-à-dire toutes les stations de base radio (BS WLL [5], BS Wimax [7], BTS [11], Node B [15], eNodeB [19]) et les concentrateurs fixes (MSAN-URAD [1])
- b. les **contrôleurs d'accès (CO)** (BSC WLL [6], BSC Wimax [8], BSC [12], RNC [16]), en voie de disparition
- c. les **nœuds du réseau cœur (CN)**: CAA [2], CT-CTI [3], MSC [13], GMSC [14] en voie d'extinction sous ces formes et de ce fait ôtées du modèle, MGW [17], G-GSN [20], routeurs P et PE [23], et leurs serveurs et bases supports (MSC Server [18], S-GSN [21], HLR [27] et SMSC [28])
- d. les **nœuds d'interconnexion internationale (IGW [4])** de quelle que nature soient-ils, y compris les SBC (Session Border Controller) pour les interconnexions IP.

Cette classification permet de ne retenir que trois types de routes:

Classe de nœud	AN	CN	IGW
Nœuds d'accès (AN)	AN-CN		
Nœuds du cœur de réseau (CN)		CN-CN	CN-IGW
Nœuds d'interco internationale (IGW)			

Nous définissons ainsi quatre types de routes:

- a. AN-CN: des nœuds d'accès aux contrôleurs-concentrateurs (partie capillaire et transport du backhaul) puis au cœur du réseau
- c. CN-CN: entre nœuds du réseau cœur (backbone)
- d. CN-IGW: du réseau cœur vers les points d'interconnexion aux réseaux internationaux

Il s'agit évidemment d'une représentation simplifiée et réductrice du réseau. Certaines artères du réseau cœur peuvent desservir des contrôleurs, voire des nœuds d'accès. Mais, cette simplification, qui alloue les liens à ces types de route de façon exclusive, ne modifie guère les coûts finaux des services.

Une passerelle LPWAN (Low Power Wide Area Network) est anticipée comme nœud 9 (mais non développée actuellement). Sur la base de protocoles de type LoRa, elle permettra le raccordement d'objets communicants de l'internet des objets.

Un opérateur efficace met en œuvre les meilleures technologies disponibles au moment de l'évaluation des coûts. La question se pose donc de savoir quels éléments de réseau il faut retenir pour modéliser un réseau constitué de générations successives de générations technologiques. Chaque situation concrète nécessitera une analyse fine car le remplacement d'un élément ancien par un élément récent fait généralement évoluer l'architecture du réseau et donc sa topologie.

Les années 2010 ont vu une profonde transformation des architectures de réseaux, d'une part par la multiplication de différents types de réseaux d'accès, et par l'apparition d'infrastructures de type NGN au cœur du réseau, qui se traduisent par un découplage plus poussé de l'acheminement du trafic de sa commande et contrôle, fonctions assurées jusque-là encore majoritairement par des commutateurs classiques.

Le modèle abandonne donc peu à peu les équipements classiques, notamment de commutation. Il sera donc nécessaire d'ajuster le modèle aux nœuds présents, utiliser par exemple la feuille MSAN pour leur ancêtre, les URAD, etc. si on souhaite vraiment les conserver.

La cohabitation d'architectures classiques et NGN pose la question de l'optimisation architecturale: dès qu'une ébauche d'architecture NGN se met en place, il est possible de remplacer tous les équipements "obsolètes" par de nouveaux équipements, par exemple remplacer les commutateurs anciens par des mediagateways, et reposer le contrôle des communications sur les MSC Server mis en service. On retient alors dans ce cas la topologie existante pour remplacer les équipements (chaque commutateur d'abonnés étant alors remplacé par une mediagateway en lien avec un MSC server). Mais ces mediagateway disparaissent dans une architecture tout IP ! Les architectures étant en transition permanente, il reviendra dans chaque contexte de décider des architectures retenues pour la modélisation en fonction de l'étape "moyenne" atteinte par les différents opérateurs dans cette transition.

Partant la plupart du temps des situations réelles, le modèle peut être alimenté à partir de listes descriptives d'éléments de réseau telles qu'elles sont sollicitées à travers un fichier spécifique de collecte d'informations en vue de l'alimentation du modèle. À partir de ces listes présentes chez la plupart des opérateurs, le modèle calcule les capacités et les coûts de façon systématique.

3. Dimensionner et optimiser le réseau

Si l'on connaît le trafic à écouler et la position des abonnés, on doit en principe pouvoir dimensionner de façon optimale les éléments du réseau susceptible d'écouler ce trafic de façon à modéliser un opérateur efficace.

Une telle optimisation est toutefois délicate à opérer, car elle suppose un modèle d'ingénierie globale du réseau à partir de données très fines sur la distribution de population sur le territoire et d'activités et en faisant l'hypothèse que l'ensemble des usagers potentiels est effectivement équipé. Dans de nombreux pays en développement, la télédensité reste faible, notamment pour le fixe mais aussi pour le mobile, et optimiser le déploiement d'un réseau apparaît de fait impossible hors le cadre d'une stratégie de déploiement et commerciale.

Les modèles CMILT bottom-up reprennent alors la topologie existante du réseau telle qu'elle a été déployée par l'opérateur en ne cherchant à optimiser que quelques paramètres relativement mineurs. Dans les premières versions du modèle, la transmission optique était modélisée de façon simplifiée par la création de boucles SDH reliant des nœuds de même type. Dans cette nouvelle version, la transmission optique est décrite et le modèle reprend la topologie du réseau de façon à mieux approcher les coûts de cette infrastructure.

Nous avons déjà abordé cette question de l'optimisation, nécessaire dans une approche d'opérateur efficace. La construction d'un réseau s'opère par "saut" de capacité et non de façon continue. Lisser ces sauts, ce qu'entraîne un mécanisme d'optimisation, apparaît délicat et peu réaliste d'autant plus que certains de ces sauts sont planifiés non pas en fonction du trafic réel, mais en fonction du trafic anticipé sur plusieurs années en constatant les très fortes économies d'échelle que présentent certains équipements. En d'autres termes, l'optimisation n'est jamais instantanée, mais s'opère au minima sur un moyen terme, les économies n'étant réalisées qu'au fur et à mesure de la croissance du trafic. Une modernisation du réseau peut d'ailleurs entraîner des déséconomies de court terme : remplacer des faisceaux hertziens par de la fibre optique en anticipation de la croissance future du trafic conduit généralement à court terme à une hausse des coûts de transmission, compte tenu du coût relatif des deux équipements pour de petites capacités. Le remplacement doit se faire si ces déséconomies sont peu importantes.

L'optimisation associée à un opérateur efficace prend donc place dans cette modélisation à quatre niveaux :

- a. Le remplacement de matériels obsolètes par des matériels modernes ; l'évolution architecturale que ces remplacements éventuellement induisent.
- b. Le recours à des prix actuels et non des prix historiques pour ces équipements ;
- c. Le contrôle de capacité des équipements : celle-ci est-elle adaptée au trafic à écouler ?
- d. Le recours à des inducteurs de coûts unitaires fonction du niveau de trafic.

Ce dernier point peut éventuellement être développé de façon à "forcer" l'optimisation. Nous suggérons alors de placer ces algorithmes de contrôle de capacité ou d'optimisation dans des feuilles disjointes de façon à en maîtriser les effets et les rendre les plus transparents possibles. Dans sa version actuelle, cette optimisation est peu développée.

4. Les matrices de facteurs de routage

Les facteurs de routage sont les facteurs qui permettent d'allouer le trafic de chaque service sur les nœuds et les routes. Un facteur de routage est le nombre moyen de passage d'une unité de trafic moyenne d'un service donné sur un nœud ou une route. Il s'agit en fait de deux matrices, une qui lie les services aux 32 nœuds potentiels et une qui lie les services aux 32 routes potentielles.

Ces deux matrices se présentent de la façon suivante:

	Nœud A	Nœud B	Nœud C
Service 1	Facteur 1/A	Facteur 1/B	Facteur 1/C
Service 2	Facteur 2/A	Facteur 2/B	Facteur 2/C
Service 3	Facteur 3/A	Facteur 3/B	Facteur 3/C

	Route A	Route B	Route C
Service 1	Facteur 1/A	Facteur 1/B	Facteur 1/C
Service 2	Facteur 2/A	Facteur 2/B	Facteur 2/C
Service 3	Facteur 3/A	Facteur 3/B	Facteur 3/C

Le facteur x/Y représente le nombre moyen d'emprunts du nœud Y ou de la route Y par le service x. Les facteurs de routage s'appliquent aux nœuds et aux routes, mais ne peuvent s'appliquer directement aux liens dont les coûts sont calculés. Une étape supplémentaire est donc nécessaire en ce qui concerne les liens : il est en effet nécessaire de déverser les coûts des liens sur les routes de façon à pouvoir évaluer le coût des routes qui sont chargées par le trafic.

Les deux feuilles consacrées aux facteurs de routage n'affichent d'intitulés que pour les services qui ont été renseignés avec un trafic non nul. Des facteurs de routage sont calculés par défaut, mais pas de façon systématique: il faut donc bien valider les facteurs de routage pour les services qui les nécessitent. On peut introduire un facteur de routage non renseigné ou modifier la valeur de tout facteur de routage précalculé par l'introduction d'une valeur dans la case verte à l'intersection du service i et du nœud ou de la route X. En général, les facteurs de routage sont relativement simples (0, 1 ou 2): toutefois, dans un certain nombre de cas, le facteur de routage va prendre une valeur plus complexe située entre 0 et 2, voire au-delà de 2.

Les facteurs de routage sont définis à une homothétie près. En effet, si a_{si} représente le facteur de routage du service s sur l'équipement i, la quantité de trafic qui lui sera affecté, si Q_s représente le trafic total par service, sera:

$$Q_i = \sum_s a_{si} Q_s$$

Pour obtenir un coût de traversée c_i , on divisera donc le coût C_i de l'équipement en question par Q_i :

$$c_i = \frac{C_i}{\sum_s a_{si} Q_s}$$

Le coût du service s sera donc:

$$c_s = \sum_i a_{is} \cdot c_i = \sum_i a_{is} \frac{C_i}{\sum_s a_{si} Q_s}$$

De cette expression, on déduit que si $a_{is}=k \cdot b_{is}$, alors, le coût du service s n'est pas modifié, le facteur k étant factorisable à la fois au numérateur et au dénominateur de l'expression ci-dessus.

5. Evaluer les coûts d'investissement et d'exploitation

Une fois établies les listes fournissant pour chaque type d'élément de réseau les caractéristiques de chaque élément de réseau de ce type, et les moyens d'exploitation relatifs (notamment le personnel nécessaire à leur exploitation), il est possible de calculer le coût global du réseau en utilisant des coûts unitaires des équipements constitutifs de ce type d'élément de réseau.

La façon d'estimer ces coûts est simple dans son principe. Un élément de réseau suppose des coûts fixes (notamment le coût de site, mais également des coûts fixes liés à l'équipement lui-même) et des coûts variables, induits par des paramètres de capacité ou de performance, que l'on qualifiera d'inducteurs de coûts. Pour chaque élément de réseau, on retient certains paramètres de coût fixe et de coûts variables.

Ces coûts doivent être extraits des contrats industriels signés par l'opérateur en question. Une base de données par défaut est présente dans le modèle, tous les coûts unitaires étant rassemblés sur une même feuille ("CoûtsUnit"). Elle doit faire néanmoins l'objet d'une actualisation après audit des contrats passés par un opérateur.

Passer d'inducteurs de capacité à des inducteurs sensibles au trafic nécessite une grande prudence comme indiqué précédemment.

De plus, chaque équipement est installé sur un site physique (un établissement de l'opérateur ou d'un autre opérateur). Ce site va présenter également des coûts fixes et variables. Un site peut héberger plusieurs équipements. Il s'agit d'équipements passifs (pylônes, énergie...) dont le dimensionnement sera fonction des équipements actifs supportés.

Le tableau suivant récapitule pour les différents éléments de réseau les grands inducteurs de coûts.

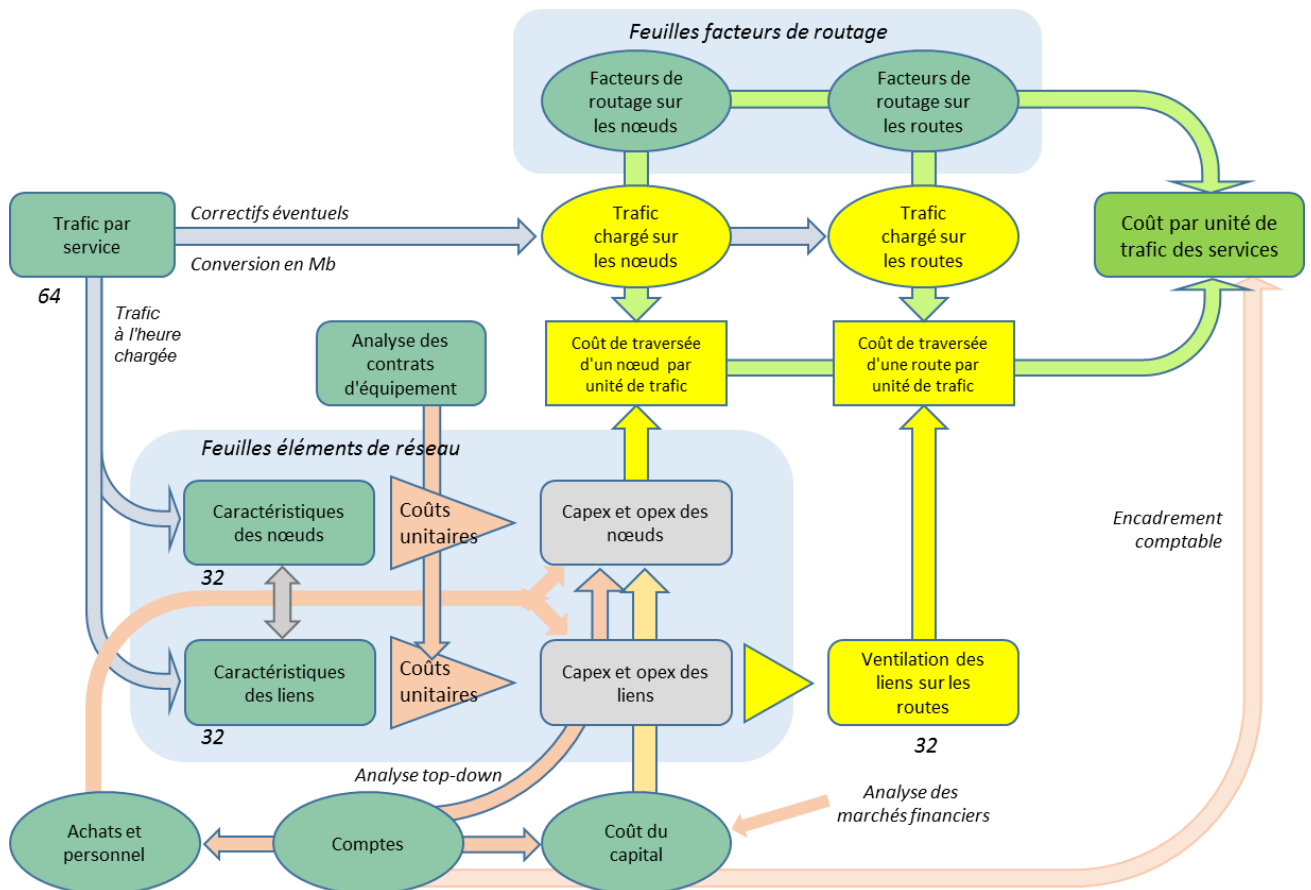
#	Équipement	Inducteurs des coûts fixes de l'équipement	Inducteurs des coûts variables de l'équipement
1	MSAN-URAD	Nombre	Ligne (URAD) BPN (URAD) Port (MSAN) Capacité en accès et vers le CN
5	BS WLL	Nombre	Racks TRX
6	BSC WLL	Nombre	Capacité vers le CN TRX supportés
7	BS Wimax	Nombre	CE
8	BSC Wimax	Nombre	Capacité vers le CN CE supportés
9	Passerelle LPWAN		En développement
11	BTS	Nombre	Racks TRX
12	BSC	Nombre	Capacité vers le CN TRX
13	NodeB	Nombre et nature	CE
14	RNC	Nombre	Capacité vers le CN CE supportés
15	eNodeB	Nombre et nature	CE
20	MGW	Nombre	Capacité vers le AN Capacité en Erlangs
21	MSC Server	Nombre et nature	SCC Abonnés
22	routeur P et PE	Nombre et nature	Capacité
23	IGW	Nombre et nature	
24	GGSN	Nombre	Capacité
25	SGSN	Nombre	Capacité
27	HLR	Nombre	Abonnés supportés
28	SMSC	Nombre	Capacité en SMS/s
1	SDH – WDM	Nombre	Capacité
2	Câbles de fibres optiques	Nombre	Distance Nb fibres Faisceaux par nature Transmission
3	Faisceaux hertziens	Nombre	Longueur et bonds Configuration Capacité installée et utilisée Nœuds desservis
4	Pylônes	Nombre	Hauteur
5	Conduites	Nombre	Type de pose
6	Satellite		Capacité
7	Sites et énergie	Nombre selon statut d'exploitation	Superficie (terrain/bâti) Nœuds desservis Pylônes Transmission présente Puissance électrique installée

Une fois connu les coûts d'investissement et d'exploitation des réseaux, ces coûts sont transformés en coûts économiques, selon les considérations présentées en tête de ce document.

Le coût global de chaque élément de réseau, et par imputation, de chaque route, est connu. Le trafic passant par chaque nœud et chaque route étant eux aussi connus, le coût de traversée de chaque nœud et route peuvent être déterminés.

Sachant combien de fois un service donné utilise un nœud et une route, il est possible de reconstituer le coût de chaque service selon les principes décrits ci-avant. Et notamment, es coûts de terminaison d'appel des différents services retenus. Cette modélisation est synthétisée sur le schéma qui suit.

Architecture d'un modèle CMILT



6. Obligation de couverture

Le modèle intègre désormais la prise en compte de l'obligation de couverture. Celle-ci fait référence aux réseaux d'accès mobiles : certains sites d'accès (BTS...) découlent d'une obligation de couverture sur laquelle l'opérateur s'est engagé dans le cahier des charges associé à son autorisation d'exploiter.

Cette obligation est fréquemment progressive et varie donc d'une année sur l'autre. Pour chaque site d'accès, il est alors demandé si cette obligation de couverture le concerne sur l'année étudiée.

Dans la feuille de pilotage (steering), est présente une case à cocher (J45), qui activée, va ôter du calcul des coûts certains coûts des éléments de réseau concernés (BTS, pylônes, énergie). Ne seront ôtés que les infrastructures passives et les équipements actifs dits de couverture, c'est-à-dire permettant d'ouvrir le service sur le site. Les équipements dits de capacité, nécessaires pour écouler le trafic au-delà des capacités de couverture, continueront d'être comptabilisés dans les coûts.

En dehors de l'Union Européenne, peu de régulateurs retiennent cette approche de coûts incrémentaux stricts : en effet, l'opérateur étant contraint de couvrir les sites ou localités énumérées dans son cahier des charges, ces coûts de couverture ne sont pas impactés par le volume du trafic. Il n'y a donc plus de lien de causalité entre ces installations requises quel que soit le trafic, et la composition du portefeuille de services.

Cette fonctionnalité permet surtout d'apprécier l'impact de cette mesure sur les résultats.

7. Synthèse

La définition et l'agrégation des coûts suivent donc un certain nombre de principes. L'orientation vers les coûts exigée dans de nombreuses réglementations signifie que les coûts considérés sont des coûts incrémentaux, de long terme, pertinents, prospectifs, économiques d'un opérateur efficace (approche CMILT): rappelons les définitions relatives à ces coûts.

a. Une approche incrémentale

Les coûts retenus sont des coûts incrémentaux. Les coûts incrémentaux sont les coûts supplémentaires engendrés par l'ajout à un portefeuille de services offerts d'un nouveau service (ou les coûts économisés (évités) par le retrait d'un service d'un portefeuille de services). Ce sont donc les coûts d'éléments de réseau dont le dimensionnement dépend du volume de trafic des services considérés: il doit y avoir une relation de causalité entre le trafic et le dimensionnement des éléments de réseau. Mais, comme en général un élément de réseau supporte plus d'un service, on agrège simultanément les services et les éléments de réseaux supportant leurs trafics de façon à obtenir un ensemble connexe de services et d'éléments de réseaux formant ce que l'on qualifiera ici d'incrément. L'incrément est l'ensemble connexe des services recourant à un même ensemble d'éléments de réseau ou de façon duale, un ensemble connexe d'éléments de réseau supportant un portefeuille de services. On désignera donc sous le nom d'incrément le portefeuille de services qui recourt par agrégation successive aux mêmes éléments de réseau ou l'ensemble des éléments de réseau permettant d'écouler le trafic de ce portefeuille de services.

Les coûts incrémentaux fournis par le modèle sont des CMILT "complets" et des CMILT "stricts". Toutefois, ces derniers ne sont pas vraiment représentatifs tant que des algorithmes d'induction des coûts par le trafic ne sont pas développés.

b. Une approche de long terme (Long Run)

On peut distinguer des coûts incrémentaux de court terme (dans lesquels on considère un réseau déjà construit) de coûts incrémentaux de long terme, dans lesquels le dimensionnement

du réseau dépend du volume de services offerts. La méthode CMILT retient une approche dite de long terme, c'est à dire dans laquelle ont été rendus variables l'essentiel des coûts fixes. La méthode prévoit la reconstruction à l'année 1 du réseau intégré nécessaire pour produire l'ensemble des services formant le portefeuille de services considéré, ces services étant produits conjointement sur le réseau étudié. Se situer dans le long terme permet de considérer tous les coûts relatifs aux investissements dans les réseaux.

Cette approche est cantonnée aux équipements de capacité dès lors qu'intervient la prise en compte d'obligations de couverture sur les équipements d'accès des réseaux mobiles.

c. Une approche en coûts pertinents et en coût totaux

Dans une approche incrémentale, rentrent dans les éléments de réseau à considérer, tous ceux dont le dimensionnement dépend de la quantité de services fournis. Il doit donc exister une relation de causalité entre le dimensionnement des éléments de réseau concernés et les services offerts. Un coût incrémental est un coût encouru ou évité (modulé) par l'ajout ou le retrait d'un service à un portefeuille de services.

Les coûts incrémentaux pertinents sont donc les coûts des éléments de réseaux dont le dimensionnement dépend du volume des services offerts. Ceux qui seraient indépendant du volume de service offert sont donc des éléments de réseau dédiés à un abonné raccordé, indépendant du trafic écoulé, et dont le coût devra être supporté par l'abonné au titre du raccordement au réseau, même s'il est recouvert au prorata du trafic, ou bien des coûts associés à une obligation réglementaire (notamment de couverture) quand cette disposition est requise. L'incrément ne retient donc, dans l'ensemble des éléments de réseau considéré, que ceux dont le dimensionnement dépend du volume de trafic des services supportés. Les éléments de réseau non pertinents devront voir leurs coûts couverts par la tarification du raccordement au réseau ou par la tarification du trafic départ. La boucle locale filaire (cuivre ou optique) fait ainsi partie des éléments de réseau non pertinents: étant dédiée à un usager, sa capacité est fixe et indépendante du volume de trafic écoulé. La régulation aura à définir la nature de la causalité qu'elle entend retenir pour définir la pertinence des coûts. Le modèle retient une acception "classique" de cette causalité, qui peut être modulée. Le modèle permet éventuellement de considérer comme non pertinents des équipements dont l'installation est requise réglementairement dans le cahier des charges (couverture exigée réglementairement). Comme cette couverture "réglementaire" évolue avec le temps (elle s'avère souvent progressive), les coûts non pertinents "réglementaires" peuvent évoluer d'année en année.

En sus des coûts des éléments de réseau non pertinents, les coûts incrémentaux ne concernent pas les coûts joints et communs indépendants du volume de trafic. Dès lors, une tarification aux coûts incrémentaux ne permet pas de recouvrer la totalité des coûts: les coûts communs (non directement attribuables aux services considérés ou aux éléments de réseau de l'incrément) seront alloués au moyen d'un mark-up sur les coûts incrémentaux pertinents. En règle générale, un texte réglementaire précise les coûts communs qui sont considérés comme pertinents pour l'interconnexion, c'est-à-dire ceux qui peuvent être intégrés dans la détermination de ce mark-up. Dans ce modèle bottom-up, le mark-up des coûts communs est principalement issu de l'analyse top-down. Une case à cocher dans la feuille de pilotage (J47) permet de forcer à zéro les mark-up pris en compte, en fonction des principes d'affectation des coûts retenus par le régulateur.

Les CMILT "stricts" sont la différence des CMILT complets résultant du trafic total et des CMILT complets résultant du trafic total hors trafic d'interconnexion. Ils n'ont de sens qu'avec une optimisation précise des capacités. Ils ne sont pas proposés dans ce modèle.

d. Une approche prospective

Retenir une approche prospective, c'est considérer dans la détermination des coûts et les meilleures technologies disponibles, et les coûts actuels de ces technologies.

De façon pragmatique, cela revient à considérer les technologies numériques aujourd'hui disponibles commercialement. Dans ce type d'approche, on remplace donc les matériels anciens par des matériels "équivalents" modernes, c'est à dire plus efficaces et plus économiques. On conçoit aisément qu'il est difficile de faire autrement dans une optique dite bottom-up, c'est à dire de reconstitution des coûts. En effet, certains matériels encore en service (des commutateurs TDM ou leurs unités de raccordement URAD par exemple) ne sont plus fabriqués et ne sont plus efficaces. Souvent amortis dans les comptes des opérateurs, ils n'ont plus aucune valeur "historique".

En transmission, cette option signifie retenir dès que c'est possible des boucles optiques SDH-WDM, aujourd'hui la solution la plus flexible, efficace et économique. Toutefois, il se peut pour différentes raisons (volume de trafic, considérations géographiques...) que ce ne soit pas le cas, auquel cas le modèle permettra de prendre en compte d'autres techniques, notamment hertziennes.

Pour ce qui est des coûts à prendre en compte, ceux-ci doivent être estimés aux prix d'acquisition actuels. En effet, la décision faire ou faire faire (investir ou acheter des services) que doivent implicitement prendre les nouveaux entrants doit s'opérer aux conditions économiques prévalant au moment où la décision est prise.

e. Une approche efficace (efficace)

La modélisation des coûts doit refléter un opérateur efficace ("efficace"⁶), c'est à dire produisant au meilleur coût compte tenu des techniques disponibles, les services de l'incrément. L'idée qui prévaut ici est qu'un opérateur alternatif entrant sur le marché optimiserait bien évidemment le réseau qu'il serait conduit à mettre en œuvre. Il est donc nécessaire que le modèle simule un réseau optimisé, en d'autres termes, qu'il simule un réseau qui se situe sur la frontière de production, minimisant les équipements et les inputs pour produire la quantité de services demandés.

Cette exigence soulève un certain nombre de questions, notamment en ce qui concerne l'architecture des réseaux. Un opérateur historique hérite d'une topologie de réseau largement conditionnée par les générations successives de technologies qui se sont succédés sur les 20 ou 30 dernières années ou même parfois plus. Il y a alors deux approches possibles de l'efficacité:

- Soit on modélise un réseau rendant les services attendus en faisant table rase de l'héritage et en optimisant au mieux la topologie et l'architecture pour minimiser le coût de production; cette approche qualifiée de "scorched earth" ("terre brûlée") est

⁶ Cf. notre commentaire sur ce sujet en tête de ce document

délicate car différentes options peuvent en général être retenues pour reconstruire ex nihilo un réseau neuf selon l'importance que l'on accorde à certains critères secondaires (en termes de qualité ou de sécurité par exemple).

- Soit on retient la topologie existante du réseau, c'est à dire l'emplacement concret des nœuds du réseau comme base de travail, en reconstruisant en quelque sorte un réseau topologiquement identique, mais en retenant pour chacun des nœuds et entre les nœuds les meilleures technologies; cette approche, qualifiée de "scorched node" est celle qui est en général retenue, ce qui est aussi le cas dans notre modèle.

Si la topologie du réseau apparaît à l'évidence éloignée de la frontière de production actuelle, le régulateur peut entrer dans le modèle une configuration de réseau qui paraîtrait plus proche de cette frontière.

Au-delà du choix des meilleures technologies à structure de réseau existante, la question de l'efficacité se pose aussi en matière d'exploitation du réseau. Les technologies numériques de façon générale, mais plus précisément les solutions de supervision et de gestion du réseau existant actuellement, permettent d'économiser des facteurs de production, des m² de bâtiments, de la main d'œuvre etc. Régulateurs et opérateurs doivent déterminer ensemble quelles sont les solutions optimales. En aucun cas, un tel modèle CMILT ne doit prendre en compte des sureffectifs issus de gestions antérieures, l'ouverture du marché devant constituer une forte incitation pour l'opérateur historique d'amélioration de son efficacité, exigence relativement facile à tenir dans le contexte d'un réseau qui se développe.

f. Une approche économique et non comptable

Pour aboutir à un coût annuel, il est nécessaire de transformer l'ensemble des coûts de long terme encourus, y compris ceux résultant des investissements, dans une valeur annuelle. Une approche comptable conduirait à considérer des amortissements annuels basés sur une durée de vie comptable et calculés selon une méthode qui est généralement dépendante de certaines options fiscales ouvertes à l'entreprise (amortissement linéaire, dégressif ou accéléré selon les cas).

Le coût que nous cherchons à déterminer est un coût qui doit arbitrer entre deux objectifs économiques: constituer une incitation à l'entrée des concurrents et constituer une incitation à l'investissement de l'opérateur qui ouvre ses ressources.

Cette décision "économique" sera prise par les uns ou les autres au vu d'un certain nombre de calculs économiques mettant en relief les bénéfices attendus de l'activité. Dans cette approche économique, les séquences des coûts et des recettes seront ramenés à une valeur annuelle moyenne selon les techniques d'actualisation classiques. Le modèle retient la transformation des coûts d'investissement en coûts économiques annuels au moyen d'un coût du capital calculé selon la méthode du coût moyen pondéré du capital (CMPC).

Cette approche nécessite donc l'introduction d'un coût du capital, coût d'accès à la ressource financière, qui réclame lui-même un coût des fonds propres calculé selon la méthode du medaf (Modèle d'évaluation des actifs financiers – Capital asset pricing model (CAPM)). Cette méthode intègre éventuellement l'incidence du progrès technique qui rend plus rapidement obsolètes les équipements. Le modèle propose une option permettant cette prise en compte de l'incidence du progrès technique.

g. Une approche bottom-up

Deux méthodes alternatives principales peuvent être utilisées pour estimer les coûts moyens incrémentaux de long terme : le modèle top-down et le modèle bottom-up. Ces deux approches peuvent être résumées ainsi:

- L'approche top-down (descendante) utilise les données comptables d'un opérateur et alloue les coûts à différents services sur la base des relations entre les coûts et les services. Des hypothèses ont besoin d'être faites pour ramener les coûts historiques à leurs valeurs actuelles. La méthode retient ensuite une procédure de déversement des coûts pertinents sur les services⁷.
- L'approche bottom-up (ascendante) implique le développement des modèles technico-économiques (modèles d'ingénierie) afin de calculer les coûts des éléments de réseau nécessaires pour fournir des services particulier en supposant des technologies modernes et des méthodes d'exploitation efficaces.

En principe les deux méthodes doivent conduire aux mêmes types de résultats si les méthodes d'exploitation efficace et de dépréciation ainsi que le recours aux coûts actuels sont similaires.

Le modèle proposé appartient à la deuxième catégorie: il s'agit d'un modèle bottom-up, reconstruisant les coûts des éléments de réseau, démarche recommandée par la Commission Européenne.

Toutefois, le modèle proposé permet d'entrer la comptabilité générale d'un opérateur et de la traiter sommairement sur un mode analytique: on peut donc comparer les données issues du modèle aux données issues de la comptabilité historique, qui ne doivent pas être trop éloignées pour un opérateur d'installation récente. Il y a là des éléments de contrôle et de cadrage tout à fait intéressants en l'absence de tout dispositif de comptabilité analytique.

⁷ On trouvera par exemple sur le site du régulateur tunisien un texte portant nomenclature des coûts pertinents pour l'interconnexion: www.intt.tn/site/fr/download.php?name=document/286.pdf

III. Consignes en vue de la collecte d'informations pour l'alimentation du modèle

La mise en œuvre d'un modèle CMILT (Coûts moyens incrémentaux de long terme) bottom-up (c'est-à-dire reconstruisant les coûts d'un réseau) nécessite une collecte d'informations auprès de l'opérateur concerné. Cette partie a pour objet de spécifier les informations nécessaires pour l'alimentation de ce modèle. Le modèle est accompagné d'un classeur de collecte de ces informations auprès des opérateurs.

Un modèle CMILT fonctionne comme indiqué ci-avant selon une architecture assez simple. Un réseau est composé d'éléments de réseau (des équipements acquis auprès de fournisseurs ou bâtis par l'opérateur). Ces éléments de réseau, classés par grandes catégories, ont un coût. Le modèle établit leurs quantités, calcule leur coût global, affecte le trafic sur chaque élément de réseau, calcule un coût de traversée de cet élément par unité de trafic, et reconstitue le coût de chaque service selon le nombre de fois que ce service emprunte chaque élément de réseau. Les coûts considérés sont des coûts économiques faisant intervenir un coût global du capital.

Un tel modèle suppose donc:

1. Des informations de dimensionnement du réseau par élément de réseau
2. Une connaissance du trafic et des éléments de réseau qu'il emprunte pour être acheminé (facteurs de routage)
3. Les coûts unitaires des éléments de réseau (capex) et les informations de leurs coûts d'exploitation (opex)
4. Les éléments permettant d'estimer le coût du capital
5. Les éléments comptables permettant d'encadrer les résultats du modèle bottom-up par des informations top-down

Ces informations sont décrites dans ce qui suit.

1. Modalités de collecte

Le rassemblement des informations doit être initialisé par l'opérateur en fonction de sa compréhension et de son expérience des modèles de coût. Un certain nombre de réunions bilatérales avec le régulateur sont ensuite nécessaires pour valider, compléter et préciser la nature et la fiabilité de ces informations de façon à ce qu'il y ait accord sur leur compréhension mutuelle.

Une mention particulière doit être faite pour les coûts unitaires. Ceux-ci doivent être extraits de contrats conclus entre l'opérateur et ses fournisseurs. Ces coûts supposent donc un travail particulier sur les contrats signés par l'opérateur qui sera spécifié dans ce qui suit. Un autre travail conjoint avec l'opérateur concerne l'analyse de la comptabilité générale de l'opérateur en l'absence d'une comptabilité analytique.

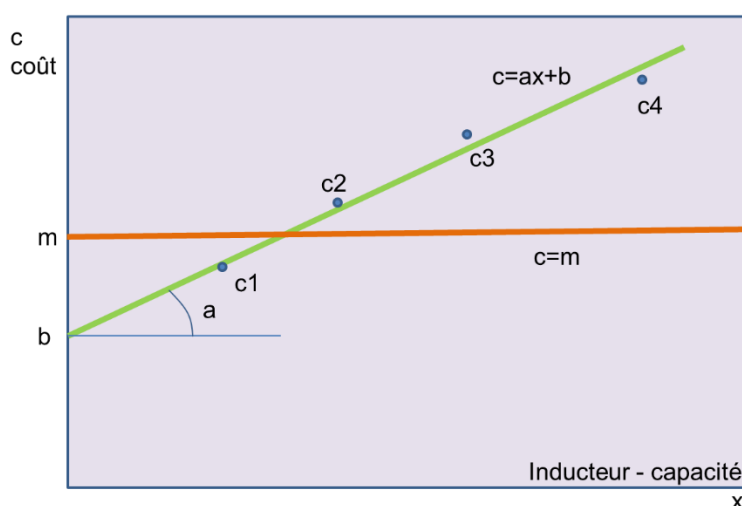
La collecte de ces informations nécessite donc un travail étroit entre l'opérateur et le régulateur. Ce travail s'étale en général sur une période de quelques semaines. La

communication du modèle lors de son remplissage progressif peut aider à cette compréhension mutuelle des informations nécessaires.

Coûts unitaires et inducteurs de coûts

Le coût unitaire d'un équipement est rarement indépendant de ses performances ou de sa capacité: il croît généralement avec un paramètre qualifiant la capacité ou les performances de cet équipement, paramètre que nous nommons "inducteur de coût". Il peut exister plusieurs inducteurs de coût, mais on considère en général qu'un inducteur permet de saisir l'essentiel de la variance du coût. Par exemple, la hauteur d'un pylône est considérée comme son principal inducteur de coût. La capacité de traitement d'un routeur comme son principal inducteur.

Plutôt que de retenir comme coût d'un équipement une valeur fixe m supposée être la moyenne des équipements présents dans le réseau, on retient la valeur b de base de cet équipement à laquelle on ajoute un coût a par unité de l'inducteur retenu. On aboutit alors au schéma suivant:



Si on dispose des coûts pour quatre valeurs de l'inducteur x , c_1 , c_2 , c_3 et c_4 , on trace la droite passant le plus près de ces quatre points (droite de régression) ce qui nous permet d'obtenir la formule $c=ax+b$ fournissant le coût de l'équipement en fonction de la valeur x de l'inducteur. Si l'on connaît x , a et b , alors, on pourra estimer le coût total des équipements de façon bien plus précise qu'en utilisant la moyenne m .

C'est la raison pour laquelle pour chaque équipement, on recherche l'inducteur le plus pertinent, celui sur lequel les fournisseurs basent leur tarification.

La collecte ne concernera dans un premier temps que les données générales (trafic et parc, éléments financiers, éléments détaillés sur les éléments de réseau). Ces données seront entrées dans le modèle de façon à obtenir de premiers éléments d'évaluation des TA. Dans un deuxième temps, un dialogue entre le régulateur et l'opérateur permettra de compléter ces premières informations, en finalisant:

- L'analyse top-down des coûts et des recettes
- La validation et la correction des facteurs de routage
- La validation et la recherche d'informations complémentaires relatives aux coûts unitaires des équipements.

Attention: Bien veiller à ce que les informations entrées dans le modèle soient exemptes de caractères superflus, tels des caractères blancs en tête ou fin de suite; tout caractère en trop sur un énoncé (par exemple de type 1+1) peut empêcher les formules de s'appliquer correctement. Si des cases apparaissent non calculables, vérifier la bonne formulation des informations entrées.

2. Informations sur le réseau

Un réseau est concrètement formé **d'équipements** acquis auprès de fournisseurs industriels ou **d'installations** (bâtiments, canalisations, pylônes...) supportant ces équipements établies par l'opérateur ou des tiers. Ces équipements et les installations qui les supportent peuvent être classés en catégories qui se répartissent en deux grandes classes:

- Des éléments de **nœuds**, équipements qui assurent un traitement du signal, notamment sa concentration, son routage ou sa commutation;
- Des éléments de **liens**, équipements qui assurent le transport du signal selon une technologie donnée.

On fera une distinction dans le modèle entre les **liens**, établis selon une technologie donnée et les **routes** qui relient des nœuds entre eux. Une route, reliant de façon générique deux nœuds d'un type donné (par exemple une BTS à un BSC), peut recourir à différents types de liens (optique, hertzien...) ou, inversement, les liens peuvent supporter des routes entre différentes catégories de nœuds. La matrice des nœuds (les routes) ne correspond donc pas aux éléments de liens utilisés dans le réseau. Il sera donc nécessaire d'entrer la répartition des liens selon les routes (relations entre nœuds) présentes dans un réseau.

Un réseau présente en général une certaine hiérarchie des nœuds. Il existe des nœuds d'accès (sur lesquels les abonnés se connectent pour établir une communication) et des nœuds de niveau hiérarchique supérieur qui assurent l'acheminement et le traitement du signal avant que celui-ci ne redescende dans la hiérarchie du réseau. Cette hiérarchie traduit corrélativement une certaine cellularisation territoriale du réseau.

L'interconnexion peut intervenir à différents niveaux hiérarchiques du réseau. Il peut y avoir une interconnexion au niveau le plus élevé (interconnexion nationale) ou une interconnexion à des niveaux hiérarchiques inférieurs (régionale, voire locale, c'est-à-dire au niveau du point d'accès). La terminaison d'appel, si elle est discriminée selon le niveau hiérarchique d'interconnexion, sera donc différenciée dès lors que le lieu de livraison de l'appel est correctement identifié par le réseau appelant. Dans le cas contraire, on dira que le service est un service indifférencié, ce qui est le cas retenu dans ce modèle.

Un réseau est donc composé de différents éléments de réseau. Dans le modèle, chaque élément de réseau fait l'objet d'une feuille de dimensionnement et de calcul. Le modèle peut intégrer jusqu'à 32 éléments de nœud et 32 éléments de liens. Si un élément de réseau n'est pas présent et semble important, il peut être programmé sur un onglet disponible.

Les nœuds sont distingués des liens, les liens étant affectés aux routes (raccordant des nœuds au moyen d'une feuille spécifique [tableau 3.Composition des routes, ligne 150+ de la feuille _Network]).

Cas d'opérateurs exploitant des réseaux d'accès ou backbones multiples:

De nombreux opérateurs possèdent des réseaux formés de multiples réseaux d'accès, voire de multiples backbones.

Pour les réseaux d'accès, les différentes technologies ou générations de réseaux font l'objet de nœuds différents (stations d'accès et contrôleurs). Les liens seront saisis quelles que soient les nœuds desservis.

Pour les backbones, il est possible de trouver différentes architectures imbriquées chez un même opérateur: une architecture TDM peut voisiner avec une architecture IP, elle-même totalement IP ou en transition TDM vers IP. Chez un opérateur intégré fixe-mobile, il peut exister un backbone pour le fixe et un backbone pour le mobile. On ne tiendra pas compte de l'appartenance des équipements présents à tel ou tel backbone ou backhaul. Par contre, cela nécessitera de réfléchir précisément à ce que cette multiplicité d'architectures entraîne en termes de facteurs de routage.

3. Les nœuds

Chaque nœud fait l'objet d'une feuille spécifique sur laquelle sont collectées les informations nécessaires.

Les nœuds présents dans le modèle sont les suivants:

1. nœuds d'accès au réseau:
 - a. réseau fixe: *boucle locale filaire*⁸ aboutissant à un MSAN (anciennement URAD), ou *radio* BS WLL (CDMA) et BS Wimax
 - b. réseau mobile: BTS (2G), Node B (3G), eNodeB (4G)
2. nœuds de contrôle et de concentration: BSC (pour les différents types de technologies), RNC (3G)
3. nœuds du réseau cœur : MGW, MSC Server, GGSN et SGSN
 - a. nœuds du réseau IP MPLS (routeurs P et PE)
 - b. nœuds d'interconnexion: gateway internationale (IGW) de différente nature
4. plateformes spécifiques supports: *HLR, SMSC*

La façon la plus simple de renseigner le modèle pour chaque nœud est de lister l'ensemble des sites géographiques sur lesquels ces éléments sont présents en mentionnant pour chacun d'entre eux les caractéristiques nécessaires au dimensionnement et au raccordement de ces nœuds.

Des tableaux sont prévus à cet effet pour chaque nœud. Ces tableaux vont comprendre des informations sur:

- la capacité de ce nœud (en voies d'accès (lignes, TRX, CE, capacités de raccordement, etc.)
- l'utilisation effective de ces nœuds (lignes raccordées selon leur débit...)
- l'obligation réglementaire associée éventuellement à l'existence de ce nœud (obligation de couverture)

L'information requise des opérateurs à ce stade est principalement la fourniture de ces listes avec les caractéristiques des nœuds telles qu'elles sont mentionnées dans les feuilles des modèles (à partir des lignes 254). Quelques données complémentaires sont nécessaires en tête

⁸ La boucle locale filaire n'est pas prise en compte, car dédiée à un usager, et ne peut donc représenter un coût incrémental pour un service donné.

de feuille (lignes 40 et 50), mais elles ont été progressivement réduites. Ces listes sont reportées dans le fichier de collecte des données livré avec le modèle.

La colonne "nœud" contient un numéro d'ordre du nœud, après son appellation (géographique ou autre). Pour chaque type de nœud, on demandera essentiellement des informations sur la capacité du nœud en fonction parfois de son type; celles-ci sont présentées ci-après à propos de chaque nœud.

Si un équipement assure plusieurs fonctions (par exemple MSAN+MGW, ou BTS 2G et Node B (S-RAN)), **on ne le décomptera qu'une seule fois** au titre de sa fonction principale, souvent celle qui est la plus avale dans l'architecture du réseau (plus proche de l'accès), mais sa pluralité fonctionnelle pourra dans certains cas être demandée.

Les précisions relatives à chaque nœud sont présentées ci-après:

MSAN ou URAD (Node 1)

Les MSAN (Multi Service Access Node) sont une extension des DSLAM à tous les types de connexions d'accès, y compris les connexions téléphoniques classiques (POTS, RNIS...), les connexions data haut-débit (ADSL, VDSL, Ethernet...). Les MSAN peuvent intégrer les fonctions de raccordement sur le backbone (fonction de Media Gateway – MGW). Un réseau construit avec des MSAN "court-circuité" donc la partie classique de la commutation (CAA et CT).

Si un réseau intègre des MSAN tout en conservant des URAD/CAA/CT, il peut sembler judicieux de remplacer les "vieux" équipements (URAD/CAA/CT) par les nouveaux venus (MSAN), moins onéreux, plus polyvalents et plus puissants.

Les indicateurs de capacité des MSAN restent le nb de ports permettant de raccorder des abonnés de toute nature connectés en accès. Les cartes MSAN supportent un certain nombre de ports, les cabinets MSAN un certain nombre de cartes d'interface plus les cartes de gestion et de contrôle du trafic. Côté réseau, des ports assurent la connectivité vers le backbone en fonction de la capacité ouverte côté abonnés. On ne distinguera pas les abonnés selon la nature de leurs connexions (téléphonique, RNIS, ADSL, Ethernet, ATM...).

On distinguera trois types de concentrateurs (qualifié par "type"):

1. MSAN disposant de la fonction mediagateway (MGW)
2. MSAN ne disposant pas de la fonction mediagateway
3. URAD, "vieille" unité de raccordement d'abonnés nécessitant en aval des équipements d'accès data (DSLAM...)

Les indicateurs de capacité sont le nombre de ports ou lignes équipant le MSAN ou l'URAD (effectivement équipés) et le nombre de ports ou lignes effectivement utilisés.

BTS 2G (Node 11), BS WLL (Node 5)

Il existe deux types de stations de base de deuxième génération utilisées dans le modèle: une fixe (BS WLL) et une mobile (BTS 2G et 2G+). La BS WLL est généralement de technologie CDMA (IS95 ou IS2000). La BTS 2G est de technologie GSM.

La BTS/BS est considérée ici en tant que site et non en tant qu'équipement unitaire. Un site BTS peut de ce fait disposer de plusieurs racks correspondant à différentes "BTS élémentaires", par exemple une BTS en 900 MHz et une BTS en 1800 MHz. Quand plusieurs BTS de même technologie sont donc colocalisées sur un même site, ne compter qu'un seul site et une seule ligne pour renseigner ce site. Par contre, indiquer le nombre de racks (i.e. de BTS) composant ce site.

BS WiMax (Node 7), BTS 3G (NodeB, node 13), BTS 4G (eNodeB, node 15)

Il existe deux types de stations de base de troisième génération utilisées dans le modèle: une fixe (BS WiMax) et une mobile (Node B - BTS 3G et 3G+).

Pour les NodeB, on distinguera trois types d'équipement:

1. Les NodeB "purs" (technologie 3G)
2. Les Single RAN (SRAN), nœuds 2G et 3G conjoints
3. Les stations mobiles sur camion.

On retiendra pour ces nœuds de technologie CDMA une capacité exprimée en Channel Elements (CE) en cumulant les CE uplink et downlink. Le nombre de CE correspond grossièrement au facteur d'étalement (en général 256 couvrant l'ensemble des secteurs). Certes, du fait des interférences et du facteur SHO (Soft Hand Over), le nombre de communications simultanées est inférieur à ce total normatif. Un facteur de réduction est disponible dans le modèle à cet effet (pris par défaut à 85%).

Les contrôleurs BSC WLL (Node 6), BSC WiMax (Node 8), BSC 2G (Node 12) ou RNC (Node 14)

Ces contrôleurs, qui disparaissent avec la 4G, ont pour inducteurs de coût les capacités (TRX ou CE) des BTS qu'ils desservent. On retient également la capacité de leurs liens avec le cœur du réseau dès lors qu'ils ne sont pas colocalisés sur une artère du cœur de réseau.

MGW – Media Gateway (Node 20), GGSN (Node 24)

Les MGW assurent un rôle de passerelle (conversion) de lignes d'accès TDM en flux IP, et un rôle de routage des paquets IP. Les GGSN assurent des fonctions similaires pour la data.

La connexion des MGW (ou CS-MGW) requise ici (sur boucle optique, FH, liaisons louées...) concerne le réseau qui les relie entre eux (le backbone).

La capacité de ces gateways est la capacité (en équivalents Mb/s) qui caractérise leur relation aux contrôleurs qu'elles interconnectent. Elle s'exprime aussi en Erlangs (nb d'abonnés traités simultanément) ou en Gbps (data). Les capacités usuelles sont de quelques dizaines de milliers d'erlanges (10 à 50).

MSC Server (Node 21)

On retient ici la qualification de MSC server, la plus usité dans les réseaux mobiles, mais ce nœud recouvre tous les équipements qui assurent la gestion et le contrôle des appels téléphoniques sur des réseaux de type NGN, à savoir:

- les softswitch ou serveurs d'appel (sur réseaux fixes en principe)
- les Media Gateway Controller (MGC)
- les CSCF (Call Session Control Function)

Ces équipements assurent la commande et le contrôle des MGW, le traitement des appels, l'échange des messages de signalisation, etc. Sont inclus dans le prix de ces serveurs le coût des STP.

On distinguera ceux qui ont une fonction interne au réseau (type 1) de ceux qui assurent également des fonctions d'interconnexion (type 2, GMSC Server).

Les MSC server sont caractérisés par leur capacité de traitement d'appels à l'heure chargée (BHCA), exprimée sous la forme de SCC (Simultaneous Call Capacity) ou d'abonnés.

Routeurs IP MPLS (Node 22)

Deux types d'équipement sont concernés ici (chaque routeur listé devra être identifié par son type)

1. Les routeurs PE (Provider Edge) assurant l'interface du cœur de réseau
2. Les routeurs P (Provider) interne au backbone IP MPLS

La capacité est mesurée en Gbps (G).

IGW (International Gateway) (Node 23)

Les IGW sont les nœuds de terminaison des réseaux domestiques assurant l'interconnexion internationale. Leur nature dépend du type d'accès aux réseaux étrangers ou internationaux.

Plusieurs équipements peuvent assurer cette fonction de gateway internationale:

1. Dans le cas d'interconnexions IP, un SBC (Session Border Controller) peut assurer cette fonction; de façon intermédiaire, une MGW spécifique peut porter cette fonction: elle sera répertoriée ici

2. Auparavant, un GMSC assurait cette fonction dans les réseaux mobiles (ou un CTI dans les réseaux fixes, dans le cas où la fonction n'était pas assurée par un CAA ou un CT).

Dans le cas de liaisons continentales, l'IGW n'est généralement pas en bordure du réseau. Dans le cas de liaisons intercontinentales (ou extra-régionales), l'interconnexion s'opère:

3. Soit par une station terrienne assurant la connectivité internationale par satellite;
4. Soit par une station d'atterrissage d'un câble sous-marin (quote-part de l'opérateur).

On distinguera au titre des IGW ces quatre types d'équipements, qui présentent des coûts différents sans inducteur de coût ici compte tenu de leur faible nombre et de la capacité à saisir un coût moyen.

SGSN (Node 25)

Les SGSN peuvent assurer deux fonctions dans l'acheminement des données, une fonction de routage similaire à celle des GGSN et une fonction de serveur d'acheminement, similaire à celle d'un MSC Server.

HLR (Node 27)

La HLR (Home Location Register) stocke les informations des usagers du réseau et assure de nombreuses fonctions liées à l'usage du réseau par ses abonnés et ses usagers occasionnels. Le dimensionnement de la HLR est l'inducteur principal de son coût.

SMSC (Node 28)

Il n'est demandé pour les SMSC que la capacité de la plateforme en traitements de SMS par seconde.

Compléments

Si ces listes ne sont pas disponibles, il convient de remplir les cases par défaut consolidant les totaux de ces listes (cases vert clair) situées à droite dans le pavé du haut de chaque onglet relatif à un nœud. Ce travail d'alimentation du modèle est bien plus complexe et risqué que la fourniture des listes d'équipements sur la base desquelles le modèle a été construit.

Les capacités de ces nœuds varient donc d'un nœud à un autre. De la même façon que les différents types de services utilisent des unités d'œuvre différentes (minutes, messages, Mbps, etc.) qu'il est nécessaire d'agréger après conversion dans une unité commune (le Go), ces nœuds recourent en fonction de leurs technologies à des unités de capacité différentes, qui doivent pouvoir être converties dans une unité commune.

Pour les anciens nœuds recourant à des technologies de division temporelle synchrone (TDMA), l'unité qui s'imposait était le TS (Time Slot) à travers lequel il était possible de faire passer une communication téléphonique (parfois deux). Ainsi, un E1 présente 30 TS, un TRX 8 TS, etc. On retiendra comme unité commune le Mb/s.

Quand on passe à des technologies d'accès par étalement du spectre (CDMA), la question devient un peu plus complexe. La division du code donne le nombre d'utilisateurs simultanés possibles, mais avec des débits variables. Cette unité est généralement qualifiée de Channel Element (CE) correspondant donc au Spreading Factor (SF – Facteur d'étalement) qui caractérise par puissance de 2 la division du code (pouvant aller jusqu'à 256 ou 512 codes par bande de 5MHz). Ce SF donne le débit moyen de chaque Channel Element en divisant le débit maximal associé à la bande de 5 MHz (3.84 Mcps ou chip par seconde⁹) par la longueur du code, équivalente au SF. On obtient alors un tableau du type suivant:

Spreading Factor	Channel symbol rate (Kbps)	Channel bit rate (kbps)	Down link channel bit rate range (kbps)
512	7.5	15	3-6
256	15	30	12-24
128	30	60	42-51
64	60	120	90
32	120	240	210
16	240	480	432
8	480	960	912
4	960	1920	1872

Un CE est donc une connexion, utilisant un code, à un moment donné. Selon le débit utilisateur, le niveau du code peut évoluer, rendant le CE une mesure de capacité difficile à estimer. Mais, dans un réseau où la voix constitue un mode dominant de communication, on peut estimer le CE comme une unité de mesure (un canal voix) assez stable : une communication téléphonique nécessite 2 CE (un uplink et un downlink).

Cette capacité doit être corrigée du SHO (Soft Hand Over) qui vient du fait qu'en situation de mobilité, un utilisateur peut ouvrir deux CE sur deux node B différents. Le SHO moyen est de quelques % (2 à 3%) et traduit une certaine redondance d'utilisation des CE du fait de la mobilité. Si le réseau est utilisé sans gestion de mobilité, alors, le SHO = 1. De plus, les questions d'interférence liées notamment à la gestion et au contrôle des puissances d'émission font que les CE ne peuvent pas tous être mobilisés en situation opérationnelle. Un facteur vient donc diminuer la capacité en CE pour tenir compte de ces différents effets, site par site.

⁹ Le chip rate est le débit (en bits par seconde) qui sort du codeur CDMA, codant chaque bit d'information de l'utilisateur par un code de longueur m (correspondant au facteur d'étalement). On désigne ce débit par chip rate pour ne pas le confondre avec le bit rate de la source utilisateur.

Liste des nœuds et informations collectées

#	Nœud (nom générique)	Caractérisation du type de nœud	Informations sollicitées	Unité	Précisions
1	MSAN	MSAN+MGW	Ports installés et ports raccordés Capacité vers le cœur de réseau Capacité vers le réseau d'accès	Nb Mb/s Mb/s	Nb de ports installés et raccordés quel que soit leur capacité Somme des capacités de raccordement offertes par l'équipement
		MSAN	Ports installés et ports raccordés Capacité vers le cœur de réseau Capacité vers le réseau d'accès	Nb Mb/s Mb/s	idem
		URAD	Lignes équipées Lignes raccordées Capacité vers le réseau d'accès	Nb Nb Mb/s	2 fois les BPN (E1) raccordant l'URAD
5	BS WLL	Concernes les BTS de type CDMA des réseaux fixes	Racks TRX	Nb Nb	Nombre de BTS colocalisées Nombre total de TRX du site
6	BSC WLL	Contrôleurs des BTS CDMA	Capacité vers le cœur de réseau	Mb/s	Capacité des liens vers le cœur de réseau (2 fois les E1)
7	BS WiMax		Channel Element (CE)	Nb	Somme des CE Uplink et Downlink
8	BSC WiMax		Capacité vers le cœur de réseau	Mb/s	Capacité des liens vers le cœur de réseau (2 fois les E1)
11	BTS	BTS 2G et 2G+	Racks TRX Obligation de couverture	Nb Nb 0 ou 1	Nombre de BTS colocalisées Nombre total de TRX du site 1 si la BTS fait partie d'une obligation de couverture
12	BSC	BSC 2G	Capacité vers le cœur de réseau	Mb/s	Capacité des liens vers le cœur de réseau (2 fois les E1)
13	NodeB	NodeB	Channel Element (CE) Part du trafic de données Obligation de couverture	Nb En % 0 ou 1	Somme des CE Uplink et Downlink 1 si la BTS fait partie d'une obligation de couverture
		SRAN	Channel Element (CE) Part du trafic de données Obligation de couverture	Nb En % 0 ou 1	Somme des CE Uplink et Downlink 1 si la BTS fait partie d'une obligation de couverture
		Station mobile	Channel Element (CE) Part du trafic de données Obligation de couverture	Nb En % 0 ou 1	Somme des CE Uplink et Downlink 1 si la BTS fait partie d'une obligation de couverture
14	RNC	Contrôleur 3G	Capacité vers le cœur de réseau	Mb/s	Capacité des liens vers le cœur de réseau (2 fois les E1)

#	Nœud (nom générique)	Caractérisation du type de nœud	Informations sollicitées	Unité	Précisions
15	eNodeB	NodeB	Channel Element (CE) Part du trafic de données Obligation de couverture	Nb En % 0 ou 1	Somme des CE Uplink et Downlink 1 si la BTS fait partie d'une obligation de couverture
		SRAN	Channel Element (CE) Part du trafic de données Obligation de couverture	Nb En % 0 ou 1	Somme des CE Uplink et Downlink 1 si la BTS fait partie d'une obligation de couverture
		Station mobile	Channel Element (CE) Part du trafic de données Obligation de couverture	Nb En % 0 ou 1	Somme des CE Uplink et Downlink 1 si la BTS fait partie d'une obligation de couverture
20	MGW		Capacité vers le réseau d'accès Capacité en Erlang	Mb/s Erlang	2 fois les BPN (E1) se raccordant sur la MGW
21	MSC Server	MSC Server	Simultaneous Call Capacity (SCC) Capacité en abonnés	Nb Nb	
		GMSC Server	Simultaneous Call Capacity (SCC) Capacité en abonnés	Nb Nb	Assure une interconnexion domestique
22	Routeur IP	Routeur PE (Provider Edge)	Capacité	Gb/s	
		Routeur P	Capacité	Gb/s	
23	IGW	SBC ou MGW	Néant (coût fixe)		
		GMSC, CTI	Néant (coût fixe)		
		Station spatiale	Néant (coût fixe)		
		Station d'atterrissage	Néant (coût fixe)		
24	GGSN		Capacité	Gb/s	
25	SGSN		Capacité	Gb/s	
27	HLR		Abonnés supportés	Nb	
28	SMSC		Capacité	SMS/s	

4. Les liens

Les liens font l'objet de feuilles spécifiques selon leur technologie:

- liens SDH/WDM, câbles optiques et conduites (onglets LE_1, LE_2 et LE_5)
- faisceaux hertziens et pylônes (onglets LE_3 et LE_4)
- satellites (onglet LE_6)
- les sites qui forment des éléments supports des éléments de réseau (onglet LE_7) et qui interviennent et sur les liens et sur les nœuds

Seuls, les liens 2 (optique), 3 (hertzien), 6 (satellites) et 7 (sites) requièrent des données externes. Les autres opèrent leurs calculs à partir d'informations prélevées ailleurs dans le modèle. Les informations recueillies sur ces feuilles sont plus complexes.

Le principe d'organisation de ces feuilles est le même que pour les nœuds. Pour différents liens, des informations précises sont requises comme pour les nœuds. On appellera trajet ou tronçon (path ou section) l'élément unitaire du lien: un trajet est une artère comprise entre deux éléments de réseau, qui peut comprendre plusieurs autres éléments desservis sur son parcours. Un trajet peut également être élémentaire, c'est-à-dire relier deux éléments contigus. Mais, il peut comprendre plusieurs "bonds" techniques. Dans les feuilles de saisie correspondant aux liens optiques ou hertziens, on peut entrer les informations par trajet élémentaire ou par trajet plus complexe, de façon à s'adapter au plus près possible des fichiers disponibles.

Tronçons - trajets optiques

L'architecture des réseaux optiques est constitué de deux niveaux:

- le niveau physique constitué des câbles et des fibres qu'ils contiennent (fibres noires)
- le niveau fonctionnel constitué des faisceaux mis en place (boucles allumées) sur les fibres disponibles sur un trajet ou une portion de trajet donné.

La collecte comprend donc des informations sur ces deux niveaux:

- on décrira le système de câbles sur une partition des trajets la plus cohérente avec la mise en place des faisceaux actifs
- pour chaque trajet de câble, on décrira les faisceaux/boucles qu'il supporte avec leurs caractéristiques et leur utilisation

Le découpage du réseau en trajets doit s'opérer en fonction de la capacité à renseigner leur utilisation de la façon la plus précise.

Les références techniques des systèmes sont rappelées sur le tableau :

	STM1 OC3	STM4 OC12	STM16 OC48	STM64 OC192	STM256 OC768	10Gbps	40Gbps
Capacité de référence (Mbps)	155	622	2 500	10 000	40 000	10 000	40 000
Nb de fibres par unité de capacité	2	2	2	2	2	2	2
Nb d'UO (E1) par capacité de référence	63	252	1008	4032	16128	4032	16128

On les corrigera si elles ne sont pas exactes, notamment le nombre de fibres utilisées par unité de capacité.

Pour chaque trajet optique, il est demandé :

Col.	Intitulé	Unités	Précision
Informations sur les liaisons physiques (trajets)			
B	Description topographique (villes extrémités)	Nom	
C	Numéro d'ordre du trajet		
D	Distance de la liaison (longueur du câble)	km	
E	Nombre de fibres présentes dans le câble (6, 12, 24, 36, 48 ou 96).	Nb selon nomenclature	Pour des trajets qui disposeraient de câbles de différentes capacités, prendre la valeur la plus proche de la moyenne pondérée
F, G, H	La répartition de la longueur des câbles en trois types de pose: <ul style="list-style-type: none"> • Pose en pleine terre (milieu rural) • Conduite allégée (suburbain) • Conduite avec fourreaux (urbain) 	En %	Pour une pose en aérien ou en sous-marin, prendre une catégorie non renseignée (suburbain) et ajuster les coûts unitaires en conséquence.
Informations sur les faisceaux allumés sur chaque trajet			
I	Faisceaux (liaisons ou anneaux) "allumés" sur chaque trajet	Nb	On appelle faisceau soit une liaison point à point, soit un anneau utilisant des fibres; chaque liaison ou anneau utilise généralement 2 ou 4 fibres.
J	Fibres utilisées pour ces différents faisceaux	Nb	
K	Régénérateurs et brasseurs éventuellement placés sur ce faisceau	Nb	
L,M,N,O,P	Nb d'équipements (nodes) SDH (ADM –Add-Drop-Multiplexers) installé sur chaque trajet selon les capacités qu'ils traitent : STM 1, 4, 16, 64 ou 256	Nb	un même équipement peut traiter différents faisceaux
Q,R	Nb d'équipements (nodes) WDM installé sur chaque trajet selon les capacités qu'ils traitent : WDM 10 ou 40 Gbps	Nb	un même équipement peut traiter différents faisceaux
Remplissage des capacités des faisceaux allumés			
	Taux de remplissage actif (TRA) par type d'usage:		On renseignera pour chaque trajet le taux d'utilisation qui en est fait, par type d'utilisation (6 catégories). La somme de ces taux doit être égale à 100%.
X	Capacité utilisée pour l'accès fixe	En %	Liaisons assurant la desserte des MSAN vers le cœur de réseau
Y	Capacité utilisée pour le backhaul mobile	En %	Le backhaul mobile correspond aux liaisons des stations de base vers les mediagateway ou les routeurs IP..
Z	Capacité utilisée pour le core network	En %	Liaisons au sein du réseau IP MPLS
AA	Capacité utilisée pour l'international	En %	Liaisons vers l'international
AB	Capacité spécifique pour la data	En %	Quand le réseau data est séparé du réseau d'acheminement de la voix et des messages, on placera les capacités "data" dans la colonne "capacité spécifique pour la data", mais quand voix et data sont acheminées ensemble, on placera ces usages selon la nature du réseau (fixe, mobile, cœur)
AC	Capacité mise en location	En %	Dans "capacité mise en location", on placera l'usage fait par des tiers de ces capacités, liaisons louées à d'autres opérateurs, domestiques ou internationaux, liaisons louées à d'autres réseaux (télévision, FAI...), liaisons louées à des administrations (police, gouvernement...) ou à des privés (entreprises, ONG, ...).
AD	Capacité inutilisée	En %	A l'intérieur des trajets retenus, certains tronçons peuvent être inutilisés.

Trois modes de pose sont retenus pour caractériser chaque tronçon : mode urbain, c'est-à-dire en fourreaux placés dans des alvéoles, mode suburbain avec une protection allégée, et en mode rural où le câble est posé en pleine terre, à une profondeur conforme aux normes locales de façon à être protégé des aléas naturels (érosion) ou humains (travaux de surface). Deux autres modes de pose peuvent être rencontrés : une pose en aérien, qui concerne très rarement les backbones, mais peut intervenir sur la desserte des établissements ou résidences, comme boucle locale donc, qui n'est pas prise en compte dans ce type de modèle, et une pose sous-marine, dans le cas de liaisons côtières, lagunaires, fluviales ou pour la desserte d'archipels. Dans un tel cas, on réservera un des modes de pose (par exemple suburbain) pour prendre en compte une telle particularité en adaptant les coûts associés à ce type de pose, voire le prix des câbles concernés.

Le remplissage des capacités par nature d'usage doit être renseigné, même de façon approximative, si l'on veut obtenir une estimation du coût des backbones optiques.

Trajets hertziens

Pour les trajets hertziens, on entrera individuellement non pas les bonds, mais les trajets entre sites nodaux caractérisés par les nœuds qu'ils relient. On veille à ne pas avoir de double compte: si un faisceau intervient sur deux réseaux différents, on ne le compte qu'une fois. On indiquera pour chaque trajet:

Col	Intitulé	Unités	
B	Description topographique (villes extrémités)	Nom	
C	Numéro d'ordre du trajet		
D	Distance de la liaison (longueur)	km	
E	Inutilisé		
F	Bonds	Nb	Nb de bonds sur le trajet
G	Configuration du lien		Faisceaux utiles + secours (ex. 1+0, 1+1...)
H	Capacité installée	Mb/s	
I	Capacité utilisée	Mb/s	
J	Nb de sites avec des stations d'accès de toutes technologies (MSAN, BTS, NodeB...) desservies par ce trajet	Nb	
K	Inutilisé		
L	Desserte internationale	0 ou 1	Mettre 1 si ce trajet assure une liaison internationale et touche un point frontière

Satellite

Pour chaque liaison spatiale, on indiquera sa capacité (en Mb/s).

Sites

Les informations requises sur les sites sont cruciales, car elles renseignent sur toutes les infrastructures supports et des liens et des nœuds.

Ne sont concernés que les sites hébergeant des équipements de réseau (nœuds ou liens) : on ne tiendra pas compte des sites administratifs ou commerciaux. Les sites recevant des bâtiments techniques sans éléments de réseaux, mais intervenant dans la maintenance des réseaux (garages ou entrepôts de matériels de réseau ou de maintenance par exemple) seront intégrés dans la liste des sites. Pour les sites "multifonctions" (réseau et hors réseau), on estimera la part de leur surface occupée par des fonctions relatives à l'exploitation-maintenance du réseau. Il s'agira évidemment d'une estimation grossière.

On distingue les sites selon qu'ils sont exploités par l'opérateur ou sont exploités par un autre opérateur ou towerco, l'opérateur étant alors "hébergé" (col. D). Si l'opérateur est exploitant du site, il peut lui-même héberger d'autres opérateurs en mutualisant son site (col. M).

Les informations collectées sur les sites sont de première importance et comprennent les données suivantes :

- réseaux de transmission desservant ce site (principalement à des fins de cohérence)
- importance du site et de son bâti (en m2)
- nombre de nœuds (au sens où on les entend dans ce modèle) présents sur le site selon qu'il s'agit de nœuds d'accès (nœuds 1 à 19), de nœuds de cœur de réseau (les autres) en distinguant parmi ceux-ci les nœuds assurant une interface de frontière externe (points frontières, stations d'atterrissage, stations spatiales gérant du trafic international).
- en ce qui concerne les sites hébergeant des nœuds d'accès, on repérera ceux construits au titre d'une obligation de couverture.

Cette liste des sites est cruciale sur deux postes importants de coûts :

1. les pylônes
2. l'énergie

Les sites intégrant un pylône doivent préciser quelques caractéristiques de ce pylône, notamment sa technique d'érection (haubané ou autostable), et sa hauteur qui est l'inducteur principal de son coût, dans une technique donnée. Si le pylône supporte des équipements d'autres opérateurs, mentionner le nombre d'opérateurs concernés. Les pylônes d'autres opérateurs (y compris les towercos) hébergeant des équipements de l'opérateur concerné par la modélisation doivent autant que possible être répertoriés dans cette liste de sites, générant des coûts de location importants. À défaut d'en avoir la liste, il faudra en intégrer le coût dans les cellules prévues à cet effet en onglet 'Financial'.

Enfin, la liste des sites intègre des informations sur l'énergie disponible sur chaque site en termes de puissance installée. Si le site est uniquement relié sur le réseau électrique public, aucune puissance ne sera mentionnée. Seules seront indiquées les puissances installées en matière de génération diesel d'électricité (groupes électrogènes) et de génération solaire. La présence d'une puissance installée diesel ou solaire permettra de compter à la fois les coûts fixes de ces installations et les coûts variables à la puissance installée.

Les coûts retenus pour l'énergie ont été simplifiés, mais résultent de calculs relativement précis présentés dans la sous-section suivante¹⁰.

¹⁰ Nous sommes redevables à Ismaël Traoré de l'Arcep du Burkina Faso de précieuses contributions sur ce sujet. Nous le remercions très sincèrement.

Estimation des coûts relatifs à l'énergie

La consommation énergétique des réseaux est un élément important non seulement des capex, mais aussi des opex des réseaux. Cette consommation est notamment problématique sur les réseaux d'accès.

Un site comprend en général un équipement d'accès (station de base 2G, 3G, 4G ou multigénération) et un équipement de transmission, permettant le raccordement de cette station au cœur du réseau. Un site consomme de l'énergie. Cette énergie alimente :

- La station de base (équipement d'accès)
- L'équipement de transmission (faisceau hertzien ou équipement ADM optique).
- La climatisation de ces équipements s'ils sont installés dans un bâtiment ou un abri (indoor)
- Les équipements d'assistance, notamment la centrale incendie locale, l'éclairage et la balise nocturne requise par l'aviation civile.

La demande d'énergie sera appréciée à partir de la demande d'énergie de l'équipement d'accès P qui sera demandé pour chaque station de base (BTS) ainsi que le mode d'installation du site (indoor ou outdoor). On considère que la demande d'énergie requise est alors :

	Indoor	Outdoor
Puissance requise par l'équipement d'accès (en kW)	P	P
Puissance requise par la climatisation	100% P	0%
Puissance requise par la transmission	10% P	10% P
Puissance accessoire (incendie, balise, éclairage)	5% P	2% P
Total P' puissance requise par le site	2.15*P	1.12*P

P se situe entre 0.6 et 3 kW selon la génération de l'équipement et son dimensionnement. P' se situera donc entre 0.7 et 6.5 kW.

L'offre d'énergie est apportée par quatre sources possibles combinables :

1. Le réseau public d'électricité
2. Des générateurs diesel (groupes électrogènes)
3. Des générateurs solaires (panneaux solaires)
4. Des batteries

En Afrique, en général, les configurations retenues sont les suivantes :

	Gestion électrique	Groupe électrogène (nombre)	Panneaux solaires	Batteries (jours d'autonomie)
Configuration 1 (réseau électrique secouru)	1	1	0	0
Configuration 2 (2 groupes)	1	2	0	3
Configuration 3 (Solaire pur)	1	0	1	3
Configuration 4 (si P' > 1.6) (hybride)	1	1	1	1

1. Dans toutes les installations, il faudra un coffret de régulation. Celui-ci sera calculé en fonction de la puissance requise par site, au prix de 5200 euros/kW

2. Le prix des groupes électrogènes comprend :
 - a. Le prix du groupe lui-même, à hauteur de $135 P' + 8460$ augmenté du prix d'une cuve de 5000 litres de 3870 euros (partagée entre groupes).
 - b. Le coût d'installation du groupe (transport, dalle, installation) à hauteur de 8.5% du capex.
 - c. La consommation de carburant en litre/heure en fonction de la puissance. La formule retenue est : $C \text{ (litres/heure)} = 0.16 * P' + 0.74$, P' en kVA.
3. Le coût des générateurs solaires. Celui-ci s'exprime en kWatt crête (kWc). Le kWc requis est exprimé par la formule $kWc = E_c / (K * I_r)$ ou E_c est l'énergie consommée par jour en kWh/jour, K un coefficient de perte (0.65) et I_r l'irradiation moyenne annuelle (kWh/m².jour) pris à 5.5. On a alors en kWc le besoin de $24 P' / 3.575$, soit $6.71 P'$. Le prix du kWc est d'environ 7800 euros, support et installation comprise, coffret et batteries incluses. Les installations solaires dépassent rarement 10 kWc, soit 1.5 kW de P' . Au-delà, elles sont complétées par un générateur diesel.
4. La capacité d'une batterie s'exprime en ampère.heure (Ah). L'énergie stockée est la capacité multipliée par la tension V délivrée, soit AVh ou Wh . La capacité requise des batteries (en Ah) s'exprime selon la formule $(E_c * N) / (D * U)$ ou E_c est l'énergie consommée par jour en Wh/jour, N le nb de jours d'autonomie, D la décharge maximale admissible (0.8 pour les batteries au plomb) et U la tension de la batterie (en Volts, généralement 48V). Pour 3 jours d'autonomie, la capacité requise en fonction de P' est donc : $24 * P' * 3 / (0.8 * 48)$ soit $1.875 P'$ en milliers d'Ah. Le prix moyen de l'Ah est de 14.2 euros.

Au final, pour chaque configuration, nous avons les montants suivants (valeurs 2018 en euros HT):

	Prix en euros	Config 1	Config 2	Config 3	Config 4
Coffret de régulation	5200 P'	5200 P'	5200 P'		5200 P'
Capex GE si nb GE=n	$(145 P' + 9180) * n + 3870$		280 P' +22230		145 P' +13050
Opex GE si prix du litre GO acheminé = p et si nb heures/an = h	$(0.16 * P' + 0.74) * p * h$		h=8760		h~2000
Capex GS	21500 P'			52300 P'	24900 P'
Capex batteries n jours	8875 n P'		26625 P'		8875 P'
Total Capex eu euros		5200 P'	32095 P' +20790	52300 P'	39120 P' +12330
Valeur capex pour P'=1		5200	52 885	52 300	51 450

Pour $P'=1$ kW, on s'aperçoit que les trois configurations génèrent des capex proches, mais les opex de la configuration 3 sont quasi-nuls, contrairement aux configurations 2 et 4. La configuration hybride tend à s'imposer quoiqu'il arrive du fait de la baisse des panneaux solaires. Un opérateur efficace devrait choisir le solaire pur jusqu'à 10 kWc ($P'=1.5$ kW) et une configuration hybride au-delà.

Col.	Intitulé	Unités	Précision
Informations sur les sites			
B	Localisation	Nom	
C	Numéro d'ordre		
D	Propriété du site	"oui" ou "non"	Oui si l'opérateur est l'exploitant du site, non si le site est exploité par un autre
E	Part du site concourant à l'exploitation-maintenance du réseau	En %	100% pour tous les sites exclusivement techniques
F	Site du réseau d'accès faisant partie des obligations de couverture	"oui" ou "non"	Oui, si le site fait partie d'une obligation de couverture liée au cahier des charges
G	# de nœuds d'accès présents sur ce site	Nb	Nœuds d'accès fixe et mobile
H	# de nœuds du cœur de réseau présents sur ce site	Nb	Nœuds de toute nature (routeurs, MSC server...) faisant partie des nœuds du modèle
I	# de nœuds de sortie internationale présents sur ce site	Nb	Nœuds d'interconnexion avec un réseau étranger (frontière ou non)
J	Superficie du terrain	m2	
K	Superficie du bâti	m2	
Informations sur les pylônes			
L	Présence d'un pylône selon sa nature	0, a ou h	0 quand il n'y a pas de pylône, a pylône autostable, h pylône haubané
M	Hauteur du pylône	m	
N	Nb d'opérateurs présents si site en propriété et mutualisé	Nb	Uniquement pour les sites exploités en propre et mutualisés avec d'autres opérateurs, nb d'opérateurs en sus de l'exploitant hébergés sur le site
Informations sur la transmission			
O	Site relié par réseau optique	0 ou 1	Un site peut être relié de différentes façons au reste du réseau ; mettre 1 sur chaque type de lien présent sur le site. Pour les réseaux optique ou hertzien, il doit s'agir de réseaux propres de l'opérateur. Les liaisons satellitaires sont généralement liées à des exploitants tiers de satellites. Les liaisons louées le sont à des opérateurs terrestres et peuvent être soit optiques soit hertziennes.
P	Site relié par réseau hertzien	0 ou 1	
Q	Site relié par satellite	0 ou 1	
R	Site relié par liaison louée	0 ou 1	
Informations sur l'énergie du site			
S	Puissance générateurs diesel installés	kVA	Le site peut être alimenté par plusieurs sources d'énergie. Mettre la puissance de chacune des sources. Si ces puissances sont égales à 0, on considère le site alimenté par le réseau public d'énergie.
T	Puissance générateurs solaires installés	kVA	

Note sur les coûts de location

Un opérateur exploite fréquemment à la fois des équipements qu'il possède et utilise des équipements qu'il loue à d'autres prestataires, opérateurs ou non (towerco par exemple). Les capex sont alors remplacés par des opex, ce qui peut présenter un avantage financier pour l'opérateur, réduisant son endettement ou les besoins en ressource financière globale. Le recours à des prestataires externes concerne également les opex, entre par exemple, l'embauche de salariés ou le recours à des prestataires pour certaines tâches, qui peuvent être conséquentes (maintenance du réseau confié aux constructeurs, gardiennage, sécurité, achat d'énergie, etc.). Aux limites, un opérateur qui réduit au maximum à la fois ses capex et ses opex s'apparente à un MVNO.

Il convient donc de veiller à la bonne répartition des coûts encourus entre capex et opex. Les principaux postes de location ou d'achats de prestations concernent :

- Les liaisons louées pour compléter le réseau
- Les opérations de mutualisation d'infrastructures qui concernent la colocalisation d'équipements sur le même site, appartenant à un opérateur ou un prestataire spécialisé (towerco).
- L'exploitation-maintenance des réseaux fréquemment sous-traités aux constructeurs

Ces opérations s'effectuent fréquemment de façon symétrique. L'opérateur analysé peut offrir des installations en location, et peut louer à d'autres des installations. Le modèle intègre ces deux possibilités.

Quand un opérateur loue à d'autres ses propres installations, le produit de ces locations va apparaître en recettes. Il minore d'autant le coût supporté par ces installations selon différents mécanismes.

Pour ce qui concerne les liaisons louées offertes par l'opérateur, ces liaisons vont remplir le réseau du trafic qu'elles acheminent. Ce trafic sera pris en compte dans les services offerts et atténuera le coût de traversée du réseau.

Pour ce qui est des installations mutualisées, on considère que le coût supporté par l'opérateur offrant ces capacités sera réduit d'un facteur donné, notamment pour les frais relatifs aux sites, l'énergie, etc.

Quand un opérateur loue à d'autres des installations propriété de cet autre, il va encourir des frais d'exploitation (opex). Les liaisons louées à d'autres seront comptabilisées sur l'onglet 'Financier' ; elles sont généralement facturées selon une tarification établie dans les catalogues d'interconnexion. Ces opex, qui viennent alléger les capex supportés par l'opérateur, viennent s'ajouter aux opex du réseau.

Pour ce qui est des installations mutualisées, le calcul proposé est quelque peu différent. De façon générale, ces prestations font désormais partie des catalogues d'interconnexion. De ce fait, le prix pratiqué en cas d'offre de ces prestations ou en cas d'achat de ces prestations est identique. Le modèle établira (si les listes de sites sont correctement établies) la différence entre les sites offerts à la location et les sites occupés en location. Le solde, positif ou négatif sera alors intégré comme tel:

- Positif, il se traduira par une réduction du coût supporté en capex
- Négatif, il se traduira par un coût de location.

Si les listes ne sont pas correctement établies, il faut corriger la modélisation des écarts constatés en fonction des situations concrètes.

Les prix d'achat de capacités sont gérées sur l'onglet 'Financial'. Les structures tarifaires peuvent être enrichies, elles sont proposées de façon simple. La facturation est souvent plus complexe (en sus de la hauteur, sont pris en compte pour les pylônes, l'encombrement et le poids des installations par exemple).

En cas d'offre de capacités supérieure aux achats, la différence sera valorisée dans les onglets correspondants (principalement pour les pylônes). Le prix de location sera pris égal à l'amortissement économique de l'élément de réseau correspondant.

Pour les opex sous-traitées, elles doivent être prises en compte à travers le taux de frais d'exploitation maintenance des éléments de réseau concerné. Ces taux peuvent être importants s'il existe de gros contrats d'exploitation-maintenance ou en cas d'inputs massifs (comme le carburant des générateurs diesel par exemple).

5. Informations sur les facteurs de routage

La connaissance du trafic est essentielle. Il intervient comme diviseur des coûts et représente donc une donnée essentielle des modèles CMILT. Des informations sur la nomenclature du trafic sont présentées dans le chapitre 2: [Les services offerts et leur trafic](#)

Les facteurs de routage sont le nombre moyen d'éléments de réseau emprunté par un service donné pour son acheminement. Certains facteurs de routage sont estimés par défaut. Il y a lieu de les valider pour tous les services considérés. Si les facteurs de routage par défaut proposés ne conviennent pas, il est possible d'y substituer de nouvelles valeurs dans la feuille NodeRoutFacts ou LinkRoutFacts du tableur. Ces feuilles ne laissent apparaître que les services pour lesquels le trafic est non nul. Il faut donc renseigner le trafic avant de travailler les facteurs de routage.

On doit adapter les facteurs de routage à la façon dont on interprète les nœuds du réseau. On fera particulièrement attention aux éléments suivants:

- Pour les MSC Server (softswitch), de façon générale, un appel ne mobilise qu'un seul MSC Server (nœud 21). Un softswitch peut traiter des catégories spécifiques d'appel (par exemple appels internationaux). Dans certains cas, il se peut que des appels passent par deux softswitch: on cherchera alors à apprécier leur proportion (0,xx) pour chaque catégorie de service de façon à placer sur les MSC Server un facteur de routage de 1,xx.
- Le trafic de transit international emprunte des liaisons CN-IGW. Il faut que les faisceaux correspondants, sur le backbone optique, aient été bien identifiés comme tels en lien LE_2. Si ce transit international utilise aussi des liens CN-CN, il faut alors l'imputer à hauteur de 0,xx sur ces liens CN-CN.

Il est nécessaire de valider tous les facteurs de routage de façon à ne pas oublier des facteurs qui ne seraient pas calculés automatiquement et corriger ceux dont le calcul automatique ne serait pas adéquat.

6. Informations sur les coûts unitaires

Pour chaque élément de réseau, on trouvera en lignes 130 à 150 pour les nœuds et 56 à 72 pour les liens les coûts unitaires et les paramètres de coût utilisés pour le calcul du coût du réseau. Une table de coûts par défaut (en euros) est présente dans le modèle sur l'onglet "CoûtsUnit". Cette table a été constituée à partir des multiples analyses de coût menées dans le cadre d'audits des terminaisons d'appel. Il s'agit de coûts moyens constatés sur la période 2012-2017 dans des contextes relativement différents. Chaque élément de coût peut être modifié dans cette table (en euros) ou introduits en monnaie locale pour chaque élément de réseau dans sa feuille dans la colonne qui précède celle des coûts par défaut.

Les coûts unitaires des éléments de réseau sont généralement constitués de plusieurs composantes. S'il existe un inducteur de coût majeur pour un élément de réseau (par exemple le nb de TRX pour une BTS), on postule une relation linéaire du type:

Coût élément de réseau = coût fixe + coût variable (coût par inducteur) * Nb d'unités de cet inducteur

À travers le relevé des prix consentis par les fournisseurs dans les contrats selon le niveau des inducteurs de coûts retenus, il est possible d'extraire les parties fixes et variables de ces fonctions de coûts unitaires.

L'information sur les coûts unitaires suppose donc un travail approfondi d'analyse des contrats. Comme il s'agit de prix actuels, il convient d'analyser des contrats récents (années n-1 et n-2).

Pour chaque type d'équipement, on cherchera donc à extraire selon les éléments de coûts présents dans le modèle (lignes 130-150 pour les nœuds et 56-73 pour les liens):

- parties fixe et variable de chaque élément
- matériel importé ou non
- coûts d'installation (en % du coût des matériels)
- coûts d'exploitation (par exemple pièces détachées annuelles, contrats de maintenance...) rapportés au coût unitaire de l'équipement (en %)
- tendance d'évolution annuelle des prix (en %) positive ou négative.
- valeur résiduelle de l'équipement en fin de vie
- coûts liés au transport et à l'assurance des équipements du fournisseur au site (transport international et domestique)
- éventuellement droits de douane et de transit du matériel

Dans cette décomposition des coûts, il conviendra de ne pas compter en deux postes différents des coûts identiques. Par exemple, une BTS installée sur un site verra son coût décomposé dans de multiples équipements:

- coût de la BTS elle-même (son électronique (ses TRX), ses équipements accessoires (shelter ou non)...) répartis entre partie hard et soft, partie fixe et variable (selon le nombre de TRX)
- Le coût de l'électronique de transmission (optique/ hertzienne/ satellitaire) sera comptabilisée avec les trajets optiques/ hertziens/ satellitaires.

Des provisions pour coûts communs seront appliquées sur l'ensemble des coûts. Des provisions pour équipements complémentaires non listés sont également appliquées de façon systématique (par exemple, les équipements d'exploitation et de maintenance).

Pour les équipements recourant au spectre (BTS, faisceaux, satellites), une case spécifique dans le tableau des coûts est prévue pour intégrer le montant des frais d'usage du spectre. On y placera les frais perçus à ce titre, pour chaque catégorie d'équipements, par l'organisme de régulation approprié, en monnaie locale.

7. Informations nécessaire au calcul du coût du capital

L'appréciation générale des coûts nécessite la connaissance des droits appliqués aux équipements et des frais d'assurances et de transports appliqués sur l'acheminement des matériels sur leur lieu d'installation. À ce titre sont donc requis pour les matériels importés:

- Les frais de douane et de transit, qui sont, en moyenne, applicables aux équipements importés. Ces frais seront systématiquement imputés sur les coûts unitaires des équipements déclarés comme importés. Des coefficients ajustés à chaque type d'équipement peuvent être entrés sur chaque composante de coût dans la feuille spécifique à chaque élément de réseau, mais de façon générale, on s'en tiendra aux moyennes renseignées dans l'onglet 'Financier'. Dans certains pays il existe une exonération de droits de douane sur les premiers exercices: on n'entrera alors que le niveau des droits de transit.
- Les frais de transport et d'assurance moyens pour les équipements formant les éléments de réseau. Là encore, on cherchera plutôt à estimer une moyenne qu'à entrer ces frais en % pour chaque élément et composante de coût (ce qui reste possible). Cette moyenne devra tenir compte du fait que certaines composantes de coûts sont immatérielles (logiciels) et ne devra pas être assise sur la fourchette haute de ces coûts généralement présentée par les exploitants.

Pour ces deux données, une spécification individuelle peut avoir lieu sur chaque équipement, le taux entré en feuille 'Financier' étant un taux générique appliqué à tous les équipements, dès lors que des taux spécifiques à un équipement ne sont pas renseignés, sur chaque tableau de coût unitaire.

Les informations nécessaires au calcul du coût du capital sont réduites, mais de grande importance. Le coût du capital considéré est un coût moyen pondéré du coût de la dette et du coût des capitaux propres. Il faut donc avoir la part de la dette et des capitaux propres dans la ressource financière mobilisée par l'opérateur. Le coût de la dette sera fournie par l'opérateur à partir du constat de son endettement. Le coût des fonds propres sera calculé à l'aide du medaf (modèle d'évaluation des actifs financiers).

Il est nécessaire d'avoir une décomposition de la dette restant à rembourser de l'opérateur selon les composantes de cette dette et pour chaque composante le niveau de la rémunération versée.

Les composantes les plus fréquemment rencontrées de dette sont les suivantes (pour chaque composante, il est nécessaire d'indiquer la rémunération consentie par le prêteur, y compris les mises à disposition de ressources financières gratuites):

- emprunts auprès du secteur bancaire, par prêteur
- avance d'actionnaire ou prêt des actionnaires, par actionnaire
- dettes d'exploitation:
 - dettes fournisseurs, par fournisseur (d'investissement ou d'exploitation)
 - dettes diverses (notamment, frais de licence non versés, dettes d'interconnexion,...)
 - dettes auprès des clients (par exemple, unités prépayées non utilisées – produits constatés d'avance)

Les dettes fiscales et sociales ne seront généralement pas considérées, comme toutes les dettes dues et non encore appelées. Ces dettes seront entrées dans le tableau E28:H39 de la feuille 'Financial'. Leur montant total devra être compatible avec ce qui est mentionné dans le bilan de l'opérateur comme dettes à long et court terme. En général, les dettes d'exploitation ne sont pas considérées dans le coût du capital: mais leur ampleur dans le secteur des télécommunications, et la stratégie délibérée de certains opérateurs à multiplier les incidents de règlement pour les gonfler, conduit à les considérer dans l'endettement global, résultant d'une volonté manifeste de constitution de la ressource financière de l'opérateur à travers cet endettement "forcé". Si elles restent à un niveau "normal", il sera logique de ne pas les considérer.

Chez de nombreux opérateurs, où il existe une part importante de l'endettement obtenu à coût nul (dettes fournisseurs d'équipements ou d'exploitation, dettes clients...), il pourra être logique de prendre en compte cette ressource financière principalement hors exploitation. De ce fait, le coût pondéré de la dette peut être extrêmement bas, tirant vers le bas le coût du capital. Certains opérateurs peuvent alors avoir un accès à la ressource financière à un coût très faible.

Toutefois, selon les règles et pratiques comptables en vigueur, certains flux apparaissent à la fois en passif et en actif, dans l'attente d'un règlement compensatoire. On propose de retenir les principes suivants dès lors qu'on prend en compte les dettes d'exploitation:

- toutes les dettes portant intérêt sont prises en compte.
- Pour toutes les autres dettes, notamment celles mentionnées ci-dessus (dettes fournisseurs, dettes d'interco, dettes de licence, produits constatés d'avance...), on calculera la différence entre le passif circulant (hors dettes fiscales et sociales et hors dettes prises en compte car portant intérêt) et l'actif circulant (hors stocks et marchandises): si cette différence est négative (actif > passif), on ne retiendra aucune dette dans le calcul de l'endettement; si cette différence est positive (passif > actif), on retiendra la différence comme dette à coût nul dans le tableau d'endettement.

Les capitaux propres de la firme (fonds propres, réserves, résultats accumulés...) seront entrés en cellule G26. Quand les capitaux propres sont négatifs, on les prendra égaux à 0. L'endettement sera d'autant plus important pour combler de déficit de capitaux propres: il devrait logiquement voir son coût augmenter. Tous les paramètres relatifs à la rémunération des fonds propres ne jouent alors pas.

Quatre autres éléments d'information sont nécessaires que l'opérateur présentera avec les éléments justificatifs permettant au régulateur de juger de leur pertinence:

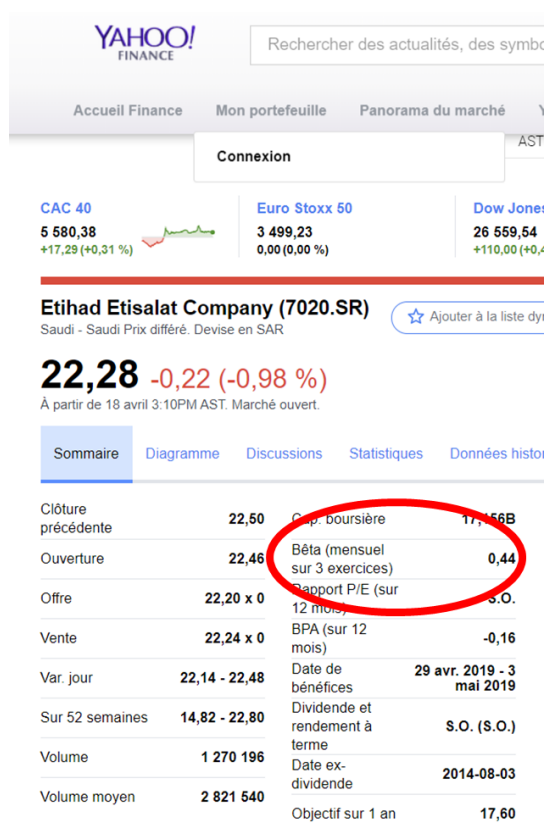
- le taux sans risque proposé: il s'agira du taux sans risque international éventuellement augmenté du risque pays tel qu'évalué par des organismes internationaux (et généralement disponible auprès de la Banque centrale)
- le taux avec risque sur actions: rémunération attendue du marché financier principal auquel recourt l'opérateur (taux moyen de l'indice de référence de la place financière): il ne s'agit en aucun cas de la rémunération accordée par l'opérateur à ses actionnaires qui peut être bien plus importante¹¹.

¹¹ On se reportera pour comprendre la formation du coût du capital à la littérature sur le coût moyen pondéré du capital et sur la théorie du medaf, par exemple:

http://en.wikipedia.org/wiki/Weighted_average_cost_of_capital

- le coefficient bêta de l'opérateur s'il est calculé (pour les opérateurs cotés – avec mention des sources et documents justificatifs) ou d'opérateurs équivalents (pour les opérateurs non cotés). On trouvera le calcul des bêtas sur les sites financiers (par exemple <http://fr.finance.yahoo.com/> en ouvrant les analyses techniques détaillées – cf. exemple ci-dessous pour Etisalat):
- Le taux d'imposition des bénéfices de l'opérateur

Le coefficient bêta doit être voisin de 1: rappelons qu'il s'agit d'une covariance de la variation de valeur de l'opérateur par rapport à la variation de valeur de la place financière de référence: un opérateur plus volatil que la place aura un bêta supérieur à 1, un opérateur moins volatil un bêta inférieur à 1 (la plage commune des bêtas des valeurs télécoms se situent depuis 2000 entre 0.5 et 1.5). La crise économique de 2008 les a abaissés, ces valeurs souffrant moins que la moyenne des valeurs cotées.



Ces éléments permettent de calculer le coût du capital selon la formule du WACC:

Coût du capital = coût de la dette * part de la dette dans la ressource financière + coût des fonds propres * part des fonds propres dans la ressource financière.

Le coût du capital retenu est un coût avant impôts. L'entreprise ayant un intérêt à s'endetter (puisque les impôts, contrairement aux dividendes, sont déductibles du résultat imposable), le coût du capital après impôt consiste à multiplier par (1-t) le coût de la dette, t étant le taux d'imposition. Le coût du capital avant impôt est le coût du capital après impôt divisé par ce

facteur (1-t). S'agissant du taux réglementaire utilisé pour la tarification de l'usage d'un capital immobilisé, c'est le taux de rémunération du capital avant impôt qui prévaut.

8. Informations comptables

L'opérateur fournira les éléments comptables suivants issus du grand livre des comptes au niveau le plus fin (comptes à 6 chiffres):

- Dépenses d'exploitation (comptes de la classe 6, principalement les comptes 60 à 66)
- Actifs (comptes 20 à 24)
- Recettes (comptes 70)

On entrera les postes au niveau le plus fin de ces comptes sur l'onglet [top-down](#) (comptes 20 à partir de la ligne 577 et 60 à partir de la ligne 71) et sur l'onglet [revenue](#) (comptes 70).

Ces comptes seront affectés analytiquement avec les clés disponibles de façon à rapprocher les éléments issus du modèle des éléments comptables. Pour ce faire, en face de chaque poste comptable, on entrera le numéro d'une des clés disponibles présentes ou ajoutées dans le tableau du haut de page correspondante: le compte se ventilera automatiquement selon la clé entrée dans la colonne F.

Les résultats de ces calculs seront utilisés à différentes fins, notamment pour estimer un mark-up de coûts joints et communs.

On veillera à bien affecter les frais d'interconnexion encourus dans les comptes 60 et les recettes d'interconnexion dans les comptes 70 de façon à pouvoir estimer la balance d'interconnexion de l'opérateur.

9. Informations diverses

D'autres informations sont nécessaires, notamment en ce qui concerne le personnel.

L'opérateur fournira également diverses informations additionnelles:

- Informations sur le personnel employé.

Il est demandé une ventilation des effectifs employés et actifs, soit en moyenne sur l'exercice (préférable car cohérent avec la masse salariale), soit en fin d'exercice.

Cette ventilation devra notamment faire ressortir l'effectif employé pour l'exploitation du réseau (mais pas pour sa construction, ces coûts étant pris en charge dans le coût des équipements immobilisés). Cet effectif sera ventilé, souvent de façon arbitraire, entre l'exploitation des nœuds et des liens. En règle générale, l'effectif d'exploitation ne dépasse pas 20% du total des effectifs.

Personnel non pertinent

Dans le tableau ventilant les effectifs de l'opérateur, est qualifié de "personnel non pertinent" le personnel qui n'intervient ni directement ni indirectement dans l'exploitation et la commercialisation des réseaux. Il s'agit par exemple :

- des personnels de R&D,

- des personnels d'enseignement, quand un opérateur (notamment historique) assure la gestion d'écoles d'ingénieurs ou de techniciens formés pas uniquement pour ses besoins propres,
- des personnels payés par l'entreprise, mais détachés dans d'autres entités (Ministères, régulateurs...).

- Montant de la masse salariale, toutes charges incluses, montant que l'on trouve dans la liasse fiscale, de façon à calculer un salaire annuel moyen (toutes charges comprises)
- Enfin, on donnera également ici le tarif des liaisons louées provenant du catalogue d'interconnexion.

Attention: Il doit y avoir une cohérence entre la masse salariale déclarée (à partir de la liasse fiscale) et les effectifs déclarés. Dans certains cas, le personnel intérimaire, temporaire, stagiaire, en sous-traitance, etc. n'est pas considéré dans les effectifs permanents, mais son coût est inclus dans la masse salariale. Bien vérifier la cohérence des données fournies, car le coût homme moyen est calculé à partir de ces données.

10. Conclusion

La collecte d'information suppose un premier rassemblement d'informations de la part de l'opérateur. Mais, la collecte ne saurait s'arrêter à ce stade. Une interaction constante entre le régulateur et l'opérateur sera nécessaire de façon à s'assurer de la bonne compréhension des informations fournies et à permettre de compléter les informations ou pallier aux défaillances d'information de la manière la plus pertinente.

Une bonne collecte d'informations repose donc sur une étroite collaboration entre le régulateur et l'opérateur. La finesse des informations fournies garantit la meilleure prise en compte des caractéristiques technico-économiques des réseaux.

Une fois les informations collectées et validées, elles seront entrées dans le modèle selon la séquence présentée dans le tableau suivant. Préalablement :

- ❖ Après avoir ouvert le modèle, on n'oubliera pas d'en activer le "contenu" dans la case option qui s'affiche éventuellement en tête de tableur.
- ❖ On commencera¹² par qualifier le réseau modélisé, en cochant dans la feuille 'Menu' les onglets pertinents (lignes 96 à 104). Les éléments de réseau standard apparaissent alors dans les tableaux suivants, pour les nœuds comme pour les liens (lignes 115 à 137): on peut ajuster à ce niveau la liste des nœuds et liens présents dans le réseau en cochant ou décochant des éléments de réseau sur les listes des lignes 115 à 137. Pour faire apparaître ou disparaître les onglets correspondant à ces éléments de réseau, on utilisera les boutons présents sur les lignes 113 (nœuds) et 126 (liens).

Validation séquentielle des données

¹² Le modèle a été conçu au départ pour être utilisable dans différentes langues. Cette fonctionnalité n'est plus respectée dans la version actuelle.

Le tableau qui suit a pour objet d'une part d'indiquer un ordre rationnel d'introduction des données, d'autre part de mentionner les vérifications d'alimentation à effectuer avant toute analyse des résultats; pour ne pas l'alourdir, il ne traite que des données principales:

Onglet	Données à copier des fichiers de collecte	Autres données à entrer éventuellement
Menu		Entrer Pays/Opérateur/Année Préciser la nature du réseau et de ses éléments
Steering		Feuille de pilotage: valider les options
OFNet		Résultats des coûts backbone optique
Traffic	Feuille vierge pouvant recevoir les données de trafic détaillées de l'opérateur	
Services	Trafic de référence et sa croissance retenue	Hypothèses de conversion en haut de la feuille
Parcs	Données de parcs d'abonnés	Correction éventuelle d'hypothèses incluses
Accounts	Feuille vierge pouvant recevoir le bilan et le compte d'exploitation de l'opérateur	
Financial	Données de calcul du coût du capital (dettes notamment) et autres données financières; personnel et sa ventilation	En bas de la feuille, données sur les achats à d'autres réseaux de capacité par l'opérateur
Top-Down	Comptes 60 à 66 Comptes 20 à 25	Procéder à l'affectation de clés sur chaque compte présent
Revenue	Comptes 70	Procéder à l'affectation de clés sur chaque compte présent
Onglets _Nodexx	Entrer la liste des nœuds	Entrer éventuellement la redevance d'usage du spectre
LE 1		Correction éventuelle d'hypothèses incluses
LE 2	Entrer les trajets et faisceaux optiques	
LE 3	Entrer les trajets hertziens	Entrer la redevance d'usage du spectre Entrer la répartition des pylônes
LE 4		Correction éventuelle d'hypothèses incluses
LE 5		Correction éventuelle d'hypothèses incluses
LE 6	Entrer les trajets satellitaires	Valider/modifier les coûts unitaires Entrer la redevance d'usage du spectre
LE 7	Entrer les données de sites	Correction éventuelle d'hypothèses incluses
CoûtsUnit	Entrer les coûts unitaires des éléments de réseau	Valider/modifier les coûts unitaires Préciser éventuellement le paramétrage des coûts dans chaque feuille node/LE
NodeRoutFacts		Vérifier les facteurs de routage automatiques et entrer les facteurs non renseignés automatiquement
LinkRoutFacts		Vérifier les facteurs de routage automatiques et entrer les facteurs non renseignés automatiquement
OFNet		Valider les résultats
Steering		Valider les résultats

Les feuilles en vert ci-dessus sont renseignées ou proposées par défaut. Elles ne demandent que des validations ou corrections éventuelles.

IV. Mise en œuvre du modèle

Le modèle est relativement simple à utiliser. Il comprend pour l'utilisateur qui ne souhaite pas entrer sans sa mécanique une interface synthétique située sur la feuille '**Menu**'.

Le modèle a été écrit pour fonctionner comme un classeur du logiciel Microsoft Excel. Compte tenu des macros utilisées, il nécessite le recours à la version 2007 et suivantes de MS Office Excel ©.

Ce classeur contient des macros, il est donc sauvegardé en .xlsm, classeur prenant en charge des macros. Il faut conserver cette extension sous peine de perdre le fonctionnement du modèle.

Si le classeur ne s'ouvre pas correctement, modifier les paramètres de sécurité qui peuvent interdire l'ouverture d'un classeur contenant des macros, et éventuellement en autoriser le contenu si vous êtes sûr de sa provenance.

Pour toute utilisation avec les données d'un opérateur, renommer le classeur de façon idoine. Il est conseillé à chaque utilisateur de conserver une version vierge du modèle sous un nom générique. Dès qu'une modélisation s'initie, il est nécessaire de sauvegarder le modèle sous un nom explicite du type 'Pays_Opérateur_Année_Interc'.

Ne pas oublier de sauvegarder à chaque étape de son alimentation en données. Avant tout usage, sur l'onglet 'Menu', il faut tout d'abord entrer la dénomination de la modélisation en renseignant le nom du pays, le nom de l'opérateur et l'année de modélisation. Pour l'année, nous conseillons d'entrer non l'année dans laquelle la modélisation est opérée, mais l'année qui caractérise les données utilisées (le trafic, les comptes...).

Nous conseillons de conserver dans le classeur toutes les données brutes à partir desquelles les données requises par le modèle seront extraites, notamment pour assurer un suivi cohérent d'année en année de la modélisation. Ainsi, les données mensuelles de trafic et de parc pourront être conservées dans l'onglet vierge créé à cet effet et dénommé 'Traffic'; les éléments centraux de la liasse fiscale (compte d'exploitation et bilan) pourront être entrés dans l'onglet vierge créé à cet effet et dénommé 'accounts'; les données relatives aux effectifs, dans leur forme "brute", pourront être conservées à droite du tableau des effectifs dans l'onglet 'Financial'. Ceci permettra l'année suivante de garder la mémoire de la façon dont l'utilisateur du modèle est passé des données brutes aux données introduites dans le modèle.

Le classeur comprend de nombreuses réductions de lignes de façon à en alléger la manipulation. Il suffit de cliquer en marge gauche de chaque feuille sur le signe + pour développer les lignes ou – pour les réduire. Ceci est notamment le cas sur les espaces de saisie des données. Beaucoup de ces "réductions" de lignes sont gérées par macros qui les replacent dans leur état initial, une fois la feuille fermée.

Les cellules du classeur susceptibles de contenir des données sont de façon générale caractérisées par une couleur qui renseigne sur leur statut.

Des cellules de couleur bleue sont en attente d'une donnée. Ce sont les cellules dans lesquelles on entrera les données collectées.

Des cellules de couleur vert clair sont des cellules pouvant recevoir des données alternatives à celles des cellules où sont présentes des valeurs par défaut. Elles sont généralement placées à droite de la cellule contenant une valeur par défaut, mais peuvent parfois être renseignées directement par cette valeur par défaut. Il est possible de modifier la valeur qu'elle contient ou la valeur placée à gauche : la valeur entrée sera alors prise en compte dans les calculs.

Des cellules de couleur grise ne doivent pas en principe être modifiées. Elles contiennent des valeurs par défaut ou des calculs qu'il ne faut pas écraser par de nouvelles valeurs ou calculs.

Configuration du classeur

Le modèle original de 2007 a été configuré de façon à pouvoir fonctionner sous plusieurs langues. Au fil des modifications, cette possibilité a été perdue dans la mesure où le modèle est quasi-exclusivement utilisé dans un environnement francophone. Les bases de ces options linguistiques restent toutefois présentes avec la possibilité de choisir une langue (option qui ne sera pas effective dans un certain nb de cellules), possibilité qui est gérée grâce à un onglet `_lang_` qui assure la traduction anglais-français-espagnol. Compte tenu de la non maintenance de cette fonctionnalité, nous recommandons de ne pas utiliser la fonctionnalité du changement de langue qui est désormais masquée sur l'onglet 'Menu'.

a. Barre d'outil de l'onglet Menu

En haut de l'onglet **Menu**, une barre d'outils comporte 3 boutons :



Figure 1 – barres d'outils de l'onglet **Menu**

Ces boutons ne sont à utiliser que dans des circonstances exceptionnelles. Ne pas les utiliser en temps ordinaire.

Réinitialiser tous les statuts (*Re-initialize all statuses*)

Afin de se repérer dans l'avancement du renseignement des hypothèses du modèle, un code couleur a été mis en place. Des boutons situés en haut de chaque onglet peuvent prendre plusieurs couleurs, représentant l'état d'avancement dans le remplissage de l'onglet :

Code couleur :

Rouge : aucune hypothèse n'a encore été renseignée sur l'onglet.

Orange : l'onglet est en cours de remplissage.

Vert : toutes les hypothèses nécessaires sur l'onglet ont bien été renseignées.

Gris : pour les onglets de type **_Node** et **_LE**, signifie qu'ils sont désactivés car ne correspondant pas à des éléments du réseau considéré. Le choix de l'activation ou non de ces onglets s'effectue sur l'onglet **Network** qu'il est déconseillé de manipuler.

Ce bouton "réinitialiser tous les statuts" permet de désactiver tous les éléments de réseau qui auraient pu être choisis lors de la définition du réseau, de rendre gris (= statut inactivé) tous les boutons des onglets de type **_Node** et **_LE**, de rendre rouge tous les boutons des autres onglets (= statut non rempli), et de cacher tous les onglets optionnels.

Afficher tous les onglets (*Display all worksheets*)

Ce bouton, utile pour les administrateurs, permet d'afficher tous les onglets du modèle, y compris les onglets qui ne doivent en principe être modifiés tels que **_lang_** et **_Network_**.

Cacher les onglets optionnels (*Hide optional worksheets*)

Ce bouton permet de cacher tous les onglets "optionnels" et de ne laisser apparent que les onglets "essentiels" : **Menu, Steering, OFnet, Services, Parcs, Financial, Top-Down, Revenue, UnitCosts, NodeRoutFacts, LinkRoutFacts**.

Tous les onglets de type **_Node** et **_LE** ainsi que les onglets **_Links**, **_lang_** et **_Network_** sont cachés.

b. Autres boutons de l'onglet Menu

Pour simplifier le renseignement des hypothèses, le modèle se décompose en 6 étapes, détaillées sur l'onglet **Menu**. À chacune des étapes correspondent 1 ou plusieurs onglets à remplir.

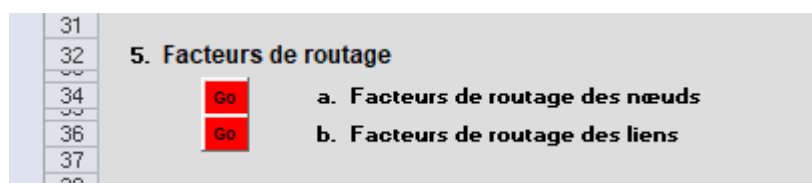


Figure 2 – Étapes de l'onglet **Menu**

Pour chaque étape, des boutons de couleur, rappelant l'état d'avancement du remplissage des onglets, permettent par un simple clic d'aller sur l'onglet choisi. En tête de ces onglets, on retrouve la case permettant de changer le statut du remplissage de chaque onglet, en cliquant dessus. La couleur choisie dans chaque onglet sera répercutée sur l'onglet 'Menu'.

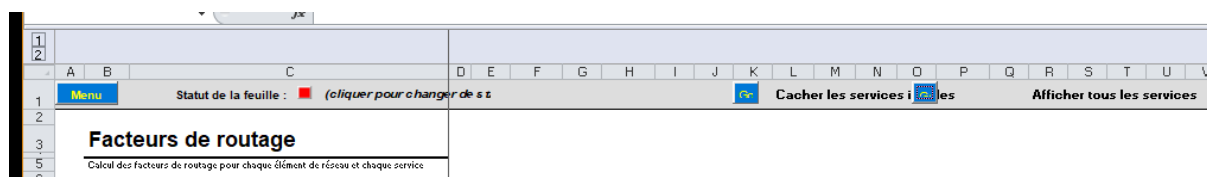


Figure 3 – En tête de chaque onglet

Par ailleurs, en fonction des options sélectionnées lors de la définition du réseau (étape 1), les boutons de l'étape 5. **Reconstruction du réseau**, peuvent être actifs ou non.

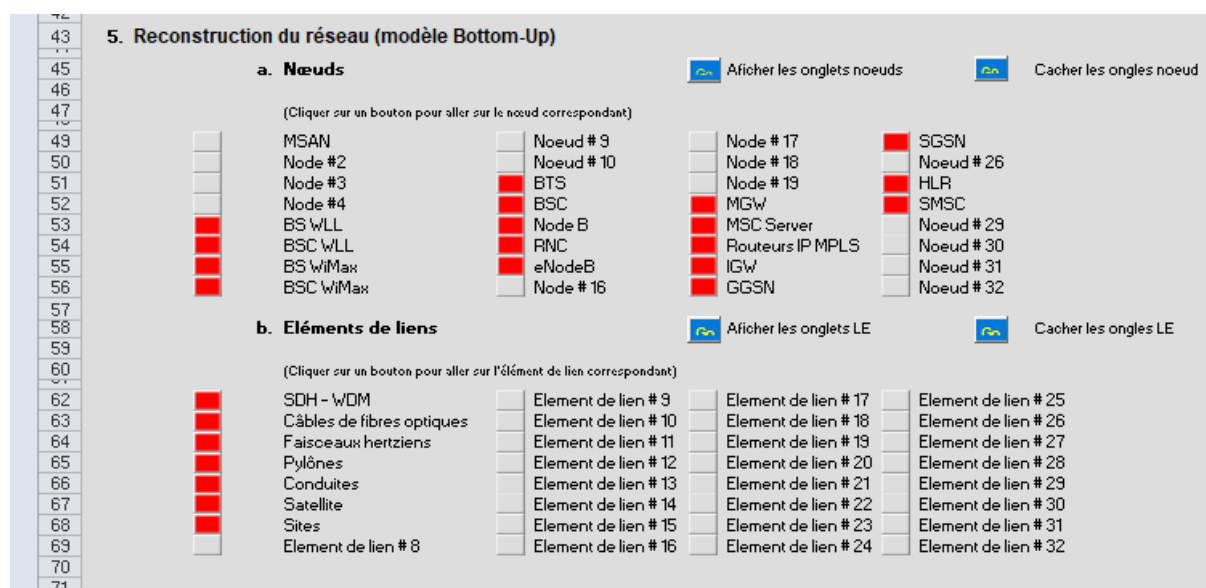


Figure 4 – Boutons de l'étape 5 (Onglet **Menu**)

Seuls les boutons colorisés (de couleur verte, orange ou rouge) sont actifs. Un simple clic permet encore un fois d'aller sur l'onglet désiré. Les boutons gris sont inactifs.

c. Barres de navigation des autres onglets

En haut de chacun des onglets, une barre de navigation figée est disponible.

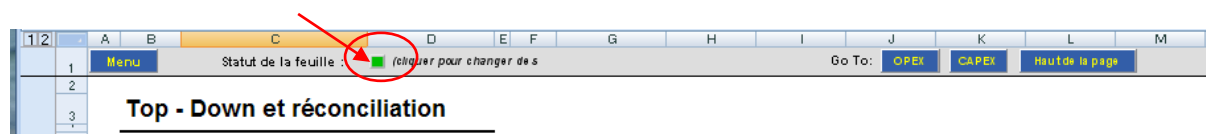


Figure 5 – Barre de navigation

Elle comporte un bouton **Menu**, permettant de retourner sur l'onglet **Menu**. Ainsi qu'un bouton dont la couleur peut être changée par simple clic. La séquence est « rouge, orange, vert, rouge, etc. ». La couleur de ce bouton est rappelée sur le bouton correspondant de l'onglet **Menu**. C'est par ce système, que l'utilisateur doit gérer lui-même, que l'état d'avancement dans le remplissage du modèle est connu.

Sur de nombreuses feuilles où des informations sous forme de listes doivent être fournies, un ou plusieurs boutons peuvent apparaître. Sur l'exemple ci-dessus de l'onglet 'top-down', un bouton permet d'aller directement à la liste des dépenses d'exploitation (opex) et un autre à la liste des dépenses en capital (capex) qui se situent bien plus bas dans la même feuille. Dans le cas de listes, un bouton haut de page permet de revenir en tête de la page en refermant toutes les listes et développés ouverts.

Étape 1 : configuration éléments de réseau/services

Définition de la nature du réseau (Network nature specification)

Définition des éléments constituant le réseau et des services offerts par celui-ci (*Network elements and services specification*) : bas de la page menu

Un certain nombre de typologies de réseaux ont été prédéfinies. À chacune de ces typologies correspondent des nœuds, des éléments de lien, et des services particuliers. Il est donc nécessaire de spécifier a priori un type de réseau prédéfini proche de celui à analyser qui va faire apparaître les onglets nécessaires au modèle.

Définition de la nature du réseau Statut de la feuille : [rouge] (cliquer pour changer de statut)

Définition des éléments constituant le réseau de l'opérateur et des services offerts par ce réseau

- Sélection d'un type de réseau prédéfini -
Un ou plusieurs types peuvent être sélectionnés.

Afficher l'onglet "Network" Cacher l'onglet "Network"

<input type="checkbox"/>	RTC	<input type="checkbox"/>	Backbone optique
<input type="checkbox"/>	RTC avec BLR	<input type="checkbox"/>	Réseau 8
<input type="checkbox"/>	GSM 2G	<input type="checkbox"/>	Réseau 9
<input type="checkbox"/>	2G + 3G	<input type="checkbox"/>	Réseau 10
<input type="checkbox"/>	2G+3G+4G	<input type="checkbox"/>	Réseau 11
<input type="checkbox"/>	Réseau intégré fixe-mobile	<input type="checkbox"/>	Réseau 12

Figure 6 – Sélection du ou des types de réseaux

La sélection d'un type de réseau va générer automatiquement des éléments de réseau et de services correspondants. Ces typologies par défaut peuvent être modifiées ou d'autres peuvent être créées, via l'onglet **_Network_**, disponible en cochant la case **Afficher / masquer l'onglet 'Network'**.

Le premier réseau correspond à un réseau RTC simple sans BLR. Le deuxième à un réseau RTC historique avec BLR, soit CDMA, soit WiMax (réseau devenu largement obsolète). Le troisième est un réseau GSM 2G, le quatrième un réseau GSM intégrant des équipements 2G et 3G, le cinquième un réseau 2G+3G+4G. Le sixième est un réseau intégré fixe-mobile, toutes générations, type de réseau le plus englobant et généralement point de départ de la modélisation d'un réseau lambda. Le septième permet de traiter le cas d'un backbone optique.

Dans l'exemple ci-dessous, on présente d'une part, les éléments de réseau mobilisés par un réseau GSM 2G et 3G, et les services qui lui sont associés. .

Définition de la nature du réseau

Statut de la feuille : ■ (cliquer pour changer de statut)

Définition des éléments constituant le réseau de l'opérateur et des services offerts par ce réseau

- Sélection d'un type de réseau prédéfini -
Un ou plusieurs types peuvent être sélectionnés.

Afficher l'onglet "Network" Cacher l'onglet "Network"

<input type="checkbox"/> RTC	<input type="checkbox"/> Backbone optique
<input type="checkbox"/> RTC avec BLR	<input type="checkbox"/> Réseau 8
<input type="checkbox"/> GSM 2G	<input type="checkbox"/> Réseau 9
<input checked="" type="checkbox"/> 2G + 3G	<input type="checkbox"/> Réseau 10
<input type="checkbox"/> 2G+3G+4G	<input type="checkbox"/> Réseau 11
<input type="checkbox"/> Réseau intégré fixe-mobile	<input type="checkbox"/> Réseau 12

- Détail des éléments constitutifs du réseau - Tout sélectionner Tout désélectionner

Les éléments ci-dessous sont sélectionnés par défaut en fonction des options sélectionnées plus haut mais peuvent être modifiés.

a. Neuds

<input type="checkbox"/> MSAN	<input type="checkbox"/> Noeud # 9	<input type="checkbox"/> Node # 17	<input checked="" type="checkbox"/> SGSN
<input type="checkbox"/> Node #2	<input type="checkbox"/> Noeud # 10	<input type="checkbox"/> Node # 18	<input type="checkbox"/> Noeud # 26
<input type="checkbox"/> Node #3	<input checked="" type="checkbox"/> BTS	<input type="checkbox"/> Node # 19	<input checked="" type="checkbox"/> HLR
<input type="checkbox"/> Node #4	<input checked="" type="checkbox"/> BSC	<input checked="" type="checkbox"/> MGW	<input checked="" type="checkbox"/> SMSC
<input type="checkbox"/> BS WLL	<input checked="" type="checkbox"/> Node B	<input checked="" type="checkbox"/> MSC Server	<input type="checkbox"/> Noeud # 29
<input type="checkbox"/> BSC WLL	<input checked="" type="checkbox"/> RNC	<input checked="" type="checkbox"/> Routeurs IP MPLS	<input type="checkbox"/> Noeud # 30
<input type="checkbox"/> BS WiMax	<input type="checkbox"/> eNodeB	<input type="checkbox"/> IGW	<input type="checkbox"/> Noeud # 31
<input type="checkbox"/> BSC WiMax	<input type="checkbox"/> Node # 16	<input checked="" type="checkbox"/> GGSN	<input type="checkbox"/> Noeud # 32

b. Éléments de liens

<input checked="" type="checkbox"/> SDH - WDM	<input type="checkbox"/> Element de lien # 9	<input type="checkbox"/> Element de lien # 17	<input type="checkbox"/> Element de lien # 25
<input checked="" type="checkbox"/> Câbles de fibres optiques	<input type="checkbox"/> Element de lien # 10	<input type="checkbox"/> Element de lien # 18	<input type="checkbox"/> Element de lien # 26
<input checked="" type="checkbox"/> Faisceaux hertziens	<input type="checkbox"/> Element de lien # 11	<input type="checkbox"/> Element de lien # 19	<input type="checkbox"/> Element de lien # 27
<input checked="" type="checkbox"/> Pylônes	<input type="checkbox"/> Element de lien # 12	<input type="checkbox"/> Element de lien # 20	<input type="checkbox"/> Element de lien # 28
<input checked="" type="checkbox"/> Conduites	<input type="checkbox"/> Element de lien # 13	<input type="checkbox"/> Element de lien # 21	<input type="checkbox"/> Element de lien # 29
<input checked="" type="checkbox"/> Satellite	<input type="checkbox"/> Element de lien # 14	<input type="checkbox"/> Element de lien # 22	<input type="checkbox"/> Element de lien # 30
<input type="checkbox"/> Sites	<input type="checkbox"/> Element de lien # 15	<input type="checkbox"/> Element de lien # 23	<input type="checkbox"/> Element de lien # 31
<input type="checkbox"/> Element de lien # 8	<input type="checkbox"/> Element de lien # 16	<input type="checkbox"/> Element de lien # 24	<input type="checkbox"/> Element de lien # 32

Figure 7 – Éléments d'un réseau de type 2G + 3G

- Définition des services offerts par ce réseau -
Les services ci-dessous sont sélectionnés par défaut en fonction des options sélectionnées plus haut mais peuvent être modifiés.

<input checked="" type="checkbox"/> Voix on-net mobile	<input type="checkbox"/> Service 33
<input type="checkbox"/> Voix on-net fixe	<input type="checkbox"/> Service 34
<input checked="" type="checkbox"/> Voix sortant de mobile vers national	<input type="checkbox"/> Service 35
<input checked="" type="checkbox"/> Voix collectée de mobile vers national	<input type="checkbox"/> Service 36
<input type="checkbox"/> Voix sortant de fixe vers national	<input type="checkbox"/> Service 37
<input checked="" type="checkbox"/> Voix entrant national vers mobile	<input type="checkbox"/> Service 38
<input type="checkbox"/> Voix entrant national vers fixe	<input type="checkbox"/> Service 39
<input checked="" type="checkbox"/> Voix sortant de mobile vers gw internationale	<input type="checkbox"/> Data fixe vendue au Go
<input type="checkbox"/> Voix sortant de fixe vers gw internationale	<input checked="" type="checkbox"/> Data mobile de/vers internet 2G
<input checked="" type="checkbox"/> Voix entrant de gw internationale vers mobile	<input checked="" type="checkbox"/> Data mobile de/vers internet 3G
<input type="checkbox"/> Voix entrant de gw internationale vers fixe	<input type="checkbox"/> Data mobile de/vers internet 4G
<input checked="" type="checkbox"/> Transit domestique	<input type="checkbox"/> Data LPWAN (IoT)
<input checked="" type="checkbox"/> Voix transit vers gw internationale	<input type="checkbox"/> Service 45
<input checked="" type="checkbox"/> Voix transit de gw internationale	<input type="checkbox"/> Service 46
<input checked="" type="checkbox"/> Voix appels payants vers pf de service	<input type="checkbox"/> Service 47
<input checked="" type="checkbox"/> Voix appels gratuits vers pf de service	<input type="checkbox"/> Service 48
<input checked="" type="checkbox"/> Voix appels d'urgence et de service	<input type="checkbox"/> Service 49
<input type="checkbox"/> Service 18	<input type="checkbox"/> Connexion fixe au débit résidentiels
<input type="checkbox"/> Service 19	<input type="checkbox"/> Connexion fixe au débit professionnels
<input checked="" type="checkbox"/> SMS on net	<input type="checkbox"/> Connexion fixe au débit FAI
<input checked="" type="checkbox"/> SMS sortant domestique	<input checked="" type="checkbox"/> Transit IP
<input checked="" type="checkbox"/> SMS sortant international	<input type="checkbox"/> Service 54
<input checked="" type="checkbox"/> SMS entrant domestique	<input type="checkbox"/> Service 55
<input checked="" type="checkbox"/> SMS entrant international	<input type="checkbox"/> Service 56
<input checked="" type="checkbox"/> MMS on net	<input type="checkbox"/> Service 57
<input checked="" type="checkbox"/> MMS sortant domestique	<input type="checkbox"/> Service 58
<input checked="" type="checkbox"/> MMS sortant international	<input type="checkbox"/> Service 59
<input checked="" type="checkbox"/> MMS entrant domestique	<input checked="" type="checkbox"/> Liaisons louées à d'autres opérateurs
<input checked="" type="checkbox"/> MMS entrant international	<input checked="" type="checkbox"/> Liaisons louées aux télédiffuseurs
<input checked="" type="checkbox"/> Trafic USSD gestion des services	<input checked="" type="checkbox"/> Liaisons louées aux clients finaux (publics et privés)
<input checked="" type="checkbox"/> Trafic USSD monnaie électronique	<input type="checkbox"/> Service 63
<input checked="" type="checkbox"/> Trafic USSD autres	<input type="checkbox"/> Service 64

Figure 8 – Services d'un réseau de type 2G+3G

On entrera aussi à côté de ce tableau les tarifs des liaisons spécialisées éventuellement utilisées par cet opérateur, tarifs qui doivent en principe être ceux du catalogue d'interconnexion.

49			
50			
51			
52	- Personnel -		
53	Masse salariale, en FCFA		
54	Nombre d'employés	0	
55	Coût annuel par employé, en FCFA	0	
56			
57			
58	- Personnel : effectifs et ventilation -		
59			
60	Activité	Personnel moyen	Personnel au 31/12
61	Gestion opérationnelle des nœuds		
62	Gestion opérationnelle des liens		
63	Réseau d'accès (non inclus dans les coûts)		
64	Vente, Commercial		
65	Plateforme de services (SVA, FI, SMS...)		
66	Autres réseaux 1		
67	Autres réseaux 2		
68	Personnel des fonctions centrales		
69			
70	Personnel non pertinent		
71			
72			
73			

Liaisons louées BTS-BSC		
	Prix	
Coûts fixes par liaison (FCFA)		par liaison
Coûts variables par liaison (FCFA)		par Km * Mbits

Figure 11 – Données de personnel

Sur les lignes 115 à 120, sont présentés les hypothèses retenues comme mark-up sur les coûts pour retenir des coûts non compris dans les descriptifs d'équipement: sont ici concernés les coûts suivants:

- Les véhicules affectés à l'exploitation
- Les équipements de management du réseau
- Les équipements de synchronisation du réseau
- Les réseaux de signalisation
- etc.

Une provision de 5% est retenue tant en investissements qu'en exploitation. Si ce niveau de coûts complémentaires doit être révisé, modifier les valeurs correspondantes pour les nœuds et les liens.

114								
115	- Autres coûts (% à rajouter au total) -							
116	Exemple : Coûts de synchronisation, coûts de gestion du réseau.							
117								
118								
119	Type de matériel	Mark-up (%) pour les autres coûts	Coûts d'installation (% des coûts en capital)	Durée de vie (années)	Tendance d'évolution des prix (%)	Evolution (Capital * Prix)	Valeur résiduelle (% des coûts en capital)	Coûts d'exploitation (% des coûts en capital)
120	Commutation (Nœuds)	5,0%	0%	10	-3%	1,030	1%	5,0%
121	Transmission (Liens)	5,0%	0%	10	-3%	1,030	1%	5,0%

Figure 12 – Coûts complémentaires

Ces coûts complémentaires seront repris systématiquement dans les feuilles relatives à chaque élément de réseau: les valeurs génériques saisies ici pourront alors être modifiées pour chaque élément de réseau en fonction de la situation de chaque opérateur (lignes 34 à 40 pour les nœuds – lignes 29 à 35 pour les liens).

Par ailleurs, c'est sur cet onglet que sont renseignées les liaisons louées (et autres capacités) que l'opérateur achète. Ces achats de capacités rentrent dans les charges de l'opérateur. Pour chaque type de capacité, on entrera les unités pertinentes et la tarification associée de façon à gérer les coûts d'acquisition de ces capacités. En capacité 6, sont pré-programmées les liaisons louées pour les liaisons BTS-BSC à partir des renseignements fournis dans les caractéristiques des BTS. Le régulateur dispose de ces éléments de facturation dans les catalogues d'interconnexion.

Le tableau des lignes 151-183 doit recevoir la ventilation de chacun de ces achats de capacité selon les routes qu'elles supportent.

- Achat de capacité -										
Achat de liaison fixe										
Type	Capacité 1		Capacité 2		Capacité 3		Capacité 4		Capacité 5	
	Km * Mb/s		Km * Mb/s		Km * Mb/s		Mb/s		Min	
	Km * Mb/s		Km * Mb/s		Km * Mb/s		Mb/s		Min	
130	Nombre de liaisons de ce type		Nombre		Nombre		Nombre		Nombre	
132	Paramètre 1		Distance (Km)		Distance (Km)		Données (Mb)		Durée (Min)	
133	Paramètre 2		Débit (Mb/s)		Débit (Mb/s)		Débit (Mb/s)		-	
134	Paramètre 3		-		-		-		-	
135	Paramètre 4		-		-		-		-	
136	Paramètre 5		-		-		-		-	
137	Paramètre 6		-		-		-		-	
138	-		-		-		-		-	
139	Coûts fixes par liaison (FCFA)		par liaison		par liaison		par liaison		par liaison	
140	Coûts variables par liaison (FCFA)		par Km * Mb/s		par Km * Mb/s		par Km * Mb/s		par Km * Mb/s	
142	Coûts fixes		-		-		-		-	
143	Coûts variables		-		-		-		-	
144	TOTAL (FCFA)		-		-		-		-	
145	-		-		-		-		-	
146	-		-		-		-		-	
147	-		-		-		-		-	
148	- Ventilation des capacités achetées par route (%) -									
149										
150										
151	Lien	Capacité 1 (Km * Mb/s)	Capacité 2 (Km * Mb/s)	Capacité 3 (Km * Mb/s)	Capacité 4 (Mb/s)	Capacité 5 (Min)	Capacité 6 (Km * Mb/s)	Coût (FCFA)		
152	Route # 1									
153	Route # 2									
154	Route # 3									
155	Route # 4									
156	Route # 5									
157	Route # 6									
158	Route # 7									
159	Route # 8									
160	Route # 9									
161	Route # 10									
162	24h - Controller						100%			
163	Controller - CN									
164	CN - CN									
165	Route # 14									
166	Route # 15									
167	Route # 16									
168	Route # 17									
169	Route # 18									
170	Route # 19									
171	Route # 20									
172	Route # 21									
173	Route # 22									
174	Route # 23									
175	Route # 24									
176	Route # 25									

Figure 13 – Achats de capacités

b. Onglet Top-Down

L'analyse des résultats du modèle ne peut être sérieuse sans que soit conduite une réconciliation de ces résultats avec les données comptables: c'est l'objet de l'onglet Top-Down. La réconciliation *Top-Down* consiste à reconstituer les coûts en partant des données comptables existantes. L'onglet *Top-Down* intègre cette analyse comptable du réseau.

Le principe de l'analyse top-down est d'opérer une ventilation grossière des coûts d'exploitation et des coûts d'investissements présents dans la comptabilité générale (en l'absence de comptabilité analytique) de façon à les mettre en regard des coûts issus du modèle afin de 'apprécier leur "cohérence".

En général, les coûts du modèle devront être inférieurs aux coûts comptables, car la méthode CMILT retient les coûts pertinents d'un opérateur efficient construisant son réseau aux coûts actuels. Il existe donc trois raisons au moins pour obtenir des coûts inférieurs, mais la différence obtenue sera d'autant plus faible que les coûts historiques et les coûts actuels d'un opérateur seront proches, qu'il sera doté de technologies et d'une exploitation efficientes, c'est-à-dire qu'il s'agira d'un opérateur "jeune".

Le principe de l'analyse top-down consiste donc à prendre:

- d'une part, tous les coûts d'exploitation présents dans la comptabilité de l'opérateur (à l'exception des amortissements, puisque le modèle raisonne en coûts économiques) et
- d'autre part, tous les coûts des immobilisations brutes reflétant les investissements dans l'outil de production de l'opérateur,

- et de ventiler ces coûts (en une seule étape), poste par poste, à l'aide des clés qui sembleront les plus appropriées et qui seront disponibles, de façon à obtenir des agrégats "analytiques" comptables les plus proches dans leur assiette des données d'investissement et d'exploitation fournies par le modèle.

Cette ventilation s'effectue selon une nomenclature d'activités relativement frustrante où le poste qui importe le plus est celui qui correspond à l'assiette des coûts pertinents pour l'interconnexion telle qu'elle est définie et utilisée dans le modèle, qui est dénommé dans cet onglet 'cœur de réseau' ('core network'). On ventilera donc les postes de dépenses et d'investissements sur la nomenclature d'activités suivante:

Cœur de réseau (définissant les coûts incrémentaux) (=incrément)

Devront être affectés sur ce poste toutes les dépenses correspondant à ce qui est pris en compte comme base incrémentale dans le modèle bottom-up

Réseau d'accès (hors incrément)

Sont concernés ici les coûts relatifs aux réseaux d'accès non incrémentaux (comme la ligne locale des réseaux fixes ou le terminal d'abonné des réseaux mobiles)

Ventes et Distribution

Il s'agit ici de tous les frais de marketing et de commercialisation des services auprès des clients finaux de l'opérateur.

Services à valeur ajoutée

Sont concernés ici les coûts relatifs aux services complémentaires offerts sur le réseau (conférence à trois, affichage de l'appelant, etc.)

Autres réseaux 1

Ce peut être un réseau de télédiffusion opéré par un opérateur historique, ou un réseau de transmission de données (X25, IP...), etc.

Autres réseaux 2

idem

Coûts communs

Sont affectés sur ce poste toutes les dépenses pertinentes pour l'interconnexion qui ne peuvent être affectés sur un des postes précédents

Coûts non pertinents

Sont concernées ici les dépenses non pertinentes pour l'interconnexion. Il s'agira notamment des postes suivants:

Les charges d'interconnexion internationales

Les charges dues au régulateur (taxes de service universel, taxes de régulation...) à l'exception des charges pertinentes pour l'interconnexion (usage des fréquences)

Les frais de licence

Tout ce qui a trait à des immobilisations en cours, puisque les immobilisations correspondantes ne sont pas encore en service.

Dépenses d'interconnexion (nationales)

On affectera ici les dépenses de l'opérateur relatives à l'interconnexion nationale sur d'autres réseaux, de façon à établir une évaluation de la balance d'interconnexion, c'est-à-dire les charges d'interconnexion domestiques payées par l'opérateur pour terminer les appels de ses clients sur d'autres réseaux

Les comptes 60 (dépenses d'exploitation du compte 60 au compte 66) seront entrés dans la zone B71-D571. En première colonne (B) sera placé le numéro du compte (si possible à 6 chiffres, c'est-à-dire le niveau le plus fin de la comptabilité), en deuxième colonne (C), l'intitulé le plus complet possible du compte et en troisième colonne (D) le solde de ce compte tel qu'il apparaît dans la comptabilité générale de l'opérateur pour l'année considérée. Placer

les données dans ces zones à partir d'un fichier numérique de la comptabilité au moyen d'un collage de valeurs sans mise en forme. Il y a donc 500 lignes disponibles pour les comptes 60. On exclura les postes d'amortissement ainsi que ceux relatifs aux charges financières qui ne sont pas a priori pertinents pour cette analyse top-down. S'il manque, malgré tout, des lignes, il est possible d'en ajouter dans la feuille excel en faisant attention de bien reporter à droite dans les colonnes G à R les formules présentes.

Les comptes 20 (immobilisations brutes du compte 20 au compte 24) seront entrés dans la zone B577-D776. La présentation des données devra être similaire à celle des dépenses d'exploitation. Il y a donc 200 lignes disponibles pour les comptes 20. On pourra étendre cette zone si besoin est comme pour les dépenses d'exploitation. On exclura là aussi les amortissements présents dans les comptes 20, ce qui importe étant les immobilisations brutes équivalentes aux investissements historiques présents dans le réseau.

En face de chaque compte (dépenses d'exploitation et immobilisations brutes) apparaît une case en bleu dans la colonne F: cette case doit recevoir le numéro d'une clé d'affectation des dépenses. En plaçant en face de chaque compte présentant un solde non nul une clé d'affectation analytique des dépenses, on procède automatiquement à la ventilation des dépenses de ce compte selon la clé introduite en colonne F.

Ces clés sont définies dans le tableau des lignes 15 à 35. L'analyse top-down peut donc utiliser 21 clés dont 15 sont prédéfinies. Si les clés disponibles sont insuffisantes, il est possible de rajouter des lignes dans ce tableau pour en introduire un nombre plus grand. L'expérience montre toutefois que le renseignement de clés qui seraient éventuellement pertinentes s'avère fréquemment délicat.

Les sept premières clés correspondent à une affectation totale des dépenses d'un compte sur une des activités d'affectation. La clé numéro 1 affecte ainsi totalement un compte sur l'activité n°1, à savoir le cœur du réseau. La clé numéro 2 affecte totalement le compte concerné sur l'activité n°2 et ainsi de suite. La clé numéro 20 affecte le compte sur l'activité 'non pertinent' et sera donc réservée aux comptes non pertinents pour l'interconnexion. La clé numéro 19 affecte le compte sur l'activité interconnexion nationale.

Quatre autres clés sont proposées dont deux sont calculées automatiquement par le modèle:

La première a trait aux investissements: cette clé est calculée sur la ventilation totale des investissements qui est effectuée au sein de cette analyse de la comptabilité. Elle ne peut donc être connue qu'après affectation des comptes 20 et ne doit évidemment pas être utilisée pour l'affectation des comptes 20. Elle peut être utilement mobilisée pour l'affectation de dépenses d'exploitation ayant trait à des pièces détachées ou des frais de maintenance généraux présentes dans les comptes 60.

La deuxième a trait au personnel: elle est calculée automatiquement à partir de la ventilation des effectifs sollicitée dans la feuille 'Financial' et explique le détail requis dans ce tableau. Cette clé sera fréquemment utilisée pour ventiler de petites dépenses d'exploitation dont l'induction est clairement générée par le personnel (équipement des bureaux, bureautique, frais de déplacement...) et bien évidemment pour la ventilation des frais de personnel.

Une troisième clé non renseignée est celle de la surface des locaux utilisés par l'opérateur ventilée par activité. Cette clé si elle peut être renseignée (par exemple par répartition des m2 entre fonctions), peut s'avérer utile pour l'affectation de certains comptes.

Une quatrième clé non renseignée également est celle de la répartition du parc automobile selon les activités, utile pour les postes de dépenses relatifs à l'usage de ces véhicules.

Une clé 'management fees' est prévu avec une ventilation arbitraire à réévaluer avec chaque opérateur. Elle est utilisée pour les postes de coûts qui résultent de factures des maisons mères des opérateurs, sensées correspondre aux prestations de ces maisons mères (assistance technique, usage de la marque, etc.).

On placera en coûts communs ce qui est effectivement des coûts communs, au-delà des dépenses de personnel dont une partie ira naturellement en coûts communs. Ce seront principalement des dépenses non affectables sur des activités, comme les frais de gestion de la société (commissaires aux comptes...), des impôts et taxes non assises sur la valeur ajoutée, etc. Seront comptabilisés en coûts communs ce qui n'est pas pris en compte par le modèle, par exemple les véhicules, s'ils apparaissent venir en sus des provisions complémentaires déjà introduites dans l'onglet finances (lignes 118 à 120).

La somme des ventilations de chaque clé doit évidemment être égale à 100%, ce qui peut être validé par le signet placé en colonne F.

- Paramétrage des clés de répartition -
Cliquez sur (+) pour faire apparaître les données

Clé de répartition	Clé	1	2	3	4	5	6	7	20	19			
		Coût de réseau (définissant les coûts incrémentaux)	Réseau d'accès (hors incrément)	Ventes et Distribution	Services à valeur ajoutée	Autres réseaux 1	Autres réseaux 2	Coûts communs	Coûts non pertinents	Dépenses d'interconnexion (nationales)			
Coeur de réseau	1	100.0%											
Réseau d'accès	2		100.0%										
Ventes et Distribution	3			100.0%									
Services à valeur ajoutée	4				100.0%								
Autres réseaux 1	5					100.0%							
Autres réseaux 2	6						100.0%						
Coûts communs	7							100.0%					
Investissements (CAPEX)	8	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Personnel	9	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Surface (m²)	10												
Parc automobile	11												
	12												
	13												
	14												
	15												
	16												
	17												
Management fees	18							10.0%		50.0%			
Dépenses d'interconnexion (nationales)	19	15.0%		25.0%							100.0%		
Coûts non pertinents	20										100.0%		
NON VENTILE	99												

Figure 14 – Structure des clés de répartition

Ces clés de répartition sont ensuite utilisées dans le bas de l'onglet. Pour chaque dépense d'exploitation ou chaque catégorie d'actifs, on mettra en face la valeur et la clé de répartition correspondante. Suite à cela, les valeurs seront automatiquement réparties dans les colonnes suivantes sur les différents postes. Ces valeurs, sommées, permettront de déterminer la part des dépenses comptables affectées à chaque activité. Ce récapitulatif est présenté en lignes 63 (OPEX) et 65 (CAPEX).

Cliquer sur [+] pour faire apparaître les données		Clé	1	2	3	4	5
Dépenses d'exploitation (OPEX)	Total (FCFA)	Clé	Cœur de réseau (définissant les coûts incrémentaux)	Réseau d'accès (hors incrément)	Ventes et Distribution	Services à valeur ajoutée	Autres réseaux 1
Placer ici les comptes 60 à 66 (hors amortissements et frais financiers)							
			-	-	-	-	-
601211	ACHATS MOSES SCRATCH CA	75 113 695	3	-	75 113 695	-	-
601212	ACHATS MOSES SIM CARDS	925 412 763	3	-	925 412 763	-	-
601221	ACHATS TELEPHONES	1 307 240 688	3	-	1 307 240 688	-	-
601222	ACHATS TEL. ACCESSOIRES	52 833 544	3	-	52 833 544	-	-
603111	VAR.STOCK SCRATCH CARDS	126 251 532	3	-	126 251 532	-	-
603112	VAR.STOCK SIM CARDS	304 533 573	3	-	304 533 573	-	-
603121	VAR.STOCK TELEPHONES	493 791 214	3	-	493 791 214	-	-

Figure 15 – Exemple de ventilation des opex

C'est sur ces récapitulatifs que seront notamment calculés la part des coûts communs qui seront utilisés dans le modèle. Le tableau des lignes 12 à 14 de cet onglet synthétise cette adéquation: les valeurs comptables apparaissent dans la colonne D et sont automatiquement reprises dans la colonne G qui contient donc les ratios de coûts communs utilisés dans le modèle. Si l'utilisateur souhaite rompre cette identité, il peut entrer en G13 et G14 des valeurs qui lui semblent plus pertinentes, notamment parce que par exemple la comptabilité ne serait pas disponible.

c. Onglet Revenue

Les mêmes principes d'affectation sont appliqués sur l'onglet 'Revenue' aux recettes de l'opérateur. Un ensemble de clés est disponible en tête de l'onglet. Les catégories d'affectation possibles cherchent à relier les recettes aux grandes catégories de trafic:

Trafic on net

Sont incluses les recettes facturées aux usagers du réseau pour des appels on-net

Trafic national sortant

On affectera ici les recettes des appels des abonnés du réseau vers les autres réseaux domestiques (fixes et/ou mobiles)

Trafic international sortant

On affectera ici les recettes des appels des abonnés du réseau vers les réseaux internationaux (fixes et/ou mobiles), que ces appels utilisent la passerelle de l'opérateur considéré ou celle d'un autre opérateur

Interco nationale (trafic)

On affectera ici les recettes des appels issus d'autres réseaux nationaux vers les abonnés du réseau: sera comptabilisé ici les recettes liées au trafic (terminaison d'appels)

Interco internationale (trafic)

On affectera ici les recettes des appels issus des réseaux internationaux vers les abonnés du réseau: sera comptabilisé ici les recettes liées au trafic (terminaison d'appels)

Autres recettes d'interco

On affectera ici les recettes d'interconnexion non liées au trafic (liaisons louées, colocalisations, locations de pylônes, etc.)

Trafic données et autres

On affectera ici les recettes du trafic données si elles peuvent être isolées, ainsi que les recettes de roaming (in et out)

Messages SMS, MMS

On affectera ici les recettes relatives aux messages on-net, sortant et entrant.

Terminaux, cartes SIM, abonnements

On affectera ici les recettes non liées au trafic, notamment les recettes issues de la vente de terminaux, de raccordements au réseau (cartes SIM,...) et d'abonnements, notamment pour les services postpayés.

Pour produire cette affectation des recettes, on entrera les postes de recettes courantes de l'exercice (comptes 70 si possible à 6 chiffres) dans les lignes débutant en ligne 68. Puis, on appliquera sur chaque compte élémentaire une clé d'affectation prise dans les clés des lignes 34 à 54. Chaque catégorie de trafic dispose de sa clé. Une clé supplémentaire calculée est proposée qui ventile le trafic départ, de façon à permettre la ventilation des ventes d'unités de trafic aux abonnés du réseau.

Un tableau en tête d'onglet récapitule les données de recettes et les données de trafic, de façon à calculer une recette par unité de trafic dont la pertinence permettra d'apprécier la qualité des données soumises par l'opérateur, notamment ses données de trafic.

d. Coûts unitaires

L'onglet 'CoûtsUnit' récapitule l'ensemble des coûts unitaires des feuilles node et _LE. Les intitulés des coûts pris en compte sont rappelés pour chaque élément de réseau. Les coûts sont exprimés en euros sauf les coûts d'usage des fréquences en monnaie locale (casses jaunes). Il est non seulement possible, mais recommandé, d'ajuster ces coûts à la réalité de l'exploitant analysé.

Coûts unitaires par défaut des équipements en euros							
Node 1		Node 2		Node 3		Node 4	
MSAN	Prix par défaut en euros	Node #2	Prix par défaut en euros	Node #3	Prix par défaut en euros	Node #4	Prix par défaut en euros
Paramètres génériques		Paramètres génériques		Paramètres		Paramètres génériques	
Coûts fixes (MSAN-)	30 000	Coûts fixes : Hardware		Coûts fixes : Hardware		Coûts fixes : Hardware	
Coûts fixes (MSAN)	25 000	Coûts fixes : Software		Coûts fixes : Software		Coûts fixes : Software	
Coût fixe URAD	450 000						
Paramètres spécifiques		Paramètres spécifiques		Paramètres		Paramètres spécifiques	
Coût par ligne (RTC)	20						
Coût par BPN (RTC)	450						
Coût par port (MSAN)	40						
Coût par Mbps (Accès MSAN)							
Node 9		Node 10		Node 11		Node 12	
Noeud # 9	Prix par défaut en euros	Noeud # 10	Prix par défaut en euros	BTS	Prix par défaut en euros	BSC	Prix par défaut en euros
Paramètres génériques		Paramètres génériques		Paramètres		Paramètres génériques	
Coûts fixes : Hardware		Coûts fixes : Hardware		Coûts fixes : Hardware	15 000	Coûts fixes : Hardware	100 000
Coûts fixes : Software		Coûts fixes : Software		Coûts fixes : Software		Coûts fixes : Software	
Paramètres spécifiques		Paramètres spécifiques		Paramètres		Paramètres spécifiques	
				Coût par TRX	1500	Coût par TRX	500
				Coût annuel d’usage des fréquences pour			

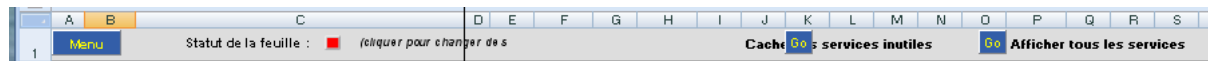
Figure 16 – Exemple de coûts unitaires

Ne sont pas repris sur cet onglet tous les autres paramètres des coûts qui sont définis par défaut sur chaque onglet relatif à chaque élément de réseau.

Se référer à la partie [coûts unitaires](#).

Etape 4 - Facteurs de routage (Routing factors)

Les facteurs de routage mesurent, par service, le nombre moyen de fois où chaque élément du réseau (nœud ou lien) est utilisé. Des calculs sont effectués par défaut, à l’aide des données entrées lors de la reconstruction du réseau, mais ils peuvent être modifiés manuellement si des calculs plus précis ont été fournis par l’opérateur.



En haut de ces feuilles, figurent deux boutons qui permettent de masquer ou afficher les services non utilisées.

a. Facteurs de routage des nœuds (Node routing factors) : onglet NodeRoutFacts

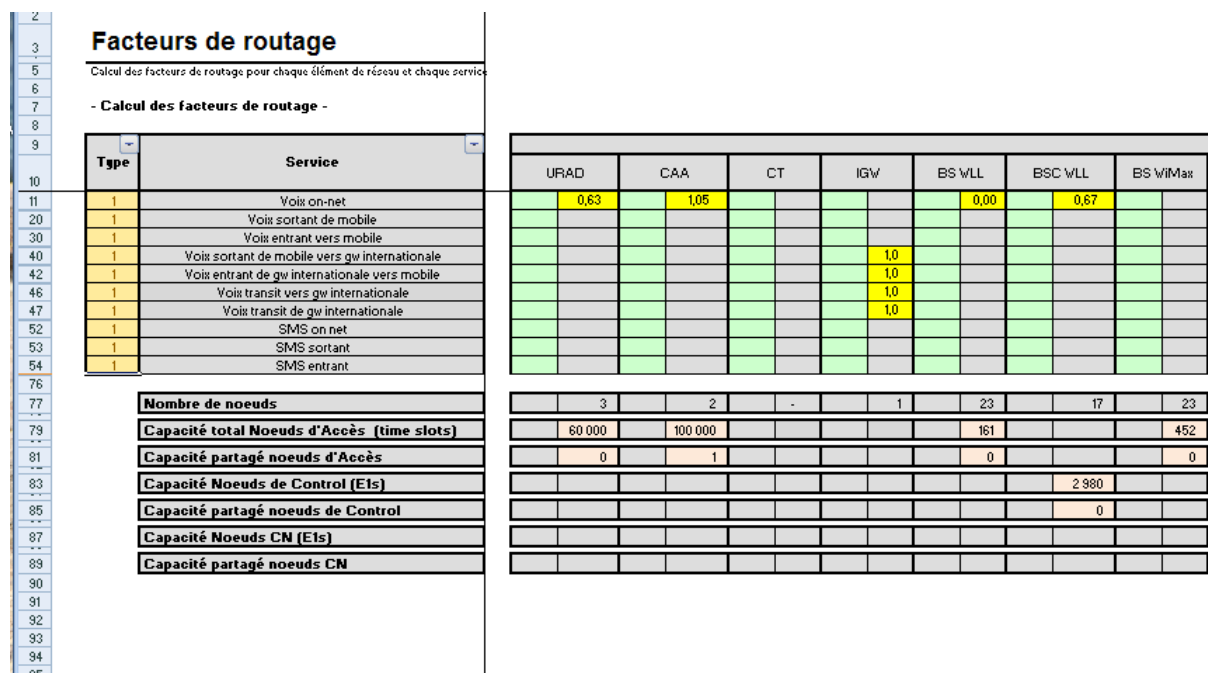


Figure 17 – Facteurs de routage des nœuds

Ne s'affichent que les lignes pour lesquelles un trafic a été renseigné. Les facteurs de routage calculés par défaut ne sont renseignés qu'une fois les éléments quantitatifs des éléments de réseau renseignés ou calculés. Il faut donc poursuivre le renseignement des hypothèses relatives aux éléments de réseau avant de revenir apprécier le calcul des facteurs de routage. Si ces facteurs de routage ne semblent pas satisfaisants, il est possible d'en changer la valeur.

Les colonnes grisées sont utilisées pour le calcul par défaut des coûts d'interconnexion de l'opérateur. Les formules de ces calculs sont disponibles dans ces cellules grises correspondantes.

Dans le cas où l'utilisateur rentre manuellement des facteurs de routage (dans les cellules vertes impérativement), ce sont ces derniers qui seront pris en compte dans les calculs.

Les lignes en bas du tableau des facteurs de routage pour les nœuds permettent de les calculer: elles pondèrent le poids de chaque nœud pour chaque type de classe de nœud de façon à répartir le trafic sur les nœuds présents dans le réseau.

b. Facteurs de routage des liens (Link routing factors) : onglet LinkRoutFacts

Cet onglet est l'équivalent du précédent pour les liens unissant deux nœuds du réseau.

ATTENTION: certains facteurs de routage ne sont pas renseignés par défaut. Bien entrer des valeurs pour les facteurs de routage qui doivent être renseignés.

Reconstruction du réseau (Network reconstruction)

Cette étape est aussi longue qu'essentielle dans le remplissage des données. C'est ici que se trouve le cœur du modèle de détermination des coûts d'interconnexion par un modèle bottom-up de reconstruction d'un réseau efficient.

a. Généralités sur les nœuds (onglets `_Nodes 1..32`)

Ces onglets permettent de renseigner de nombreuses données, essentielles dans le calcul des coûts d'interconnexion, pour chaque type de nœud du réseau. Ces nœuds sont présentés et définis dans la [partie collective](#).

Ces nœuds présentent une forme générique, afin d'optimiser l'ergonomie du modèle, et de faciliter l'audit de ses formules. Outre les nœuds déjà définis, d'autres onglets ont été pré-formatés afin de permettre à l'administrateur de définir de nouveaux types de nœuds. Par ailleurs, un maximum de données provenant d'onglets complétés au cours des étapes précédentes est rappelé sur chacun des onglets relatifs aux éléments de réseau, afin de faciliter l'audit du modèle.

Exemple de l'onglet `_Node 11 (BTS)`

Nous présentons ici l'onglet **`_Node 11`**, où sont renseignées les hypothèses concernant les BTS 2G du réseau de l'opérateur (si celui-ci en dispose). Dans certaines sections, des paramètres propres à chaque type de nœuds peuvent intervenir.

Forme synthétique

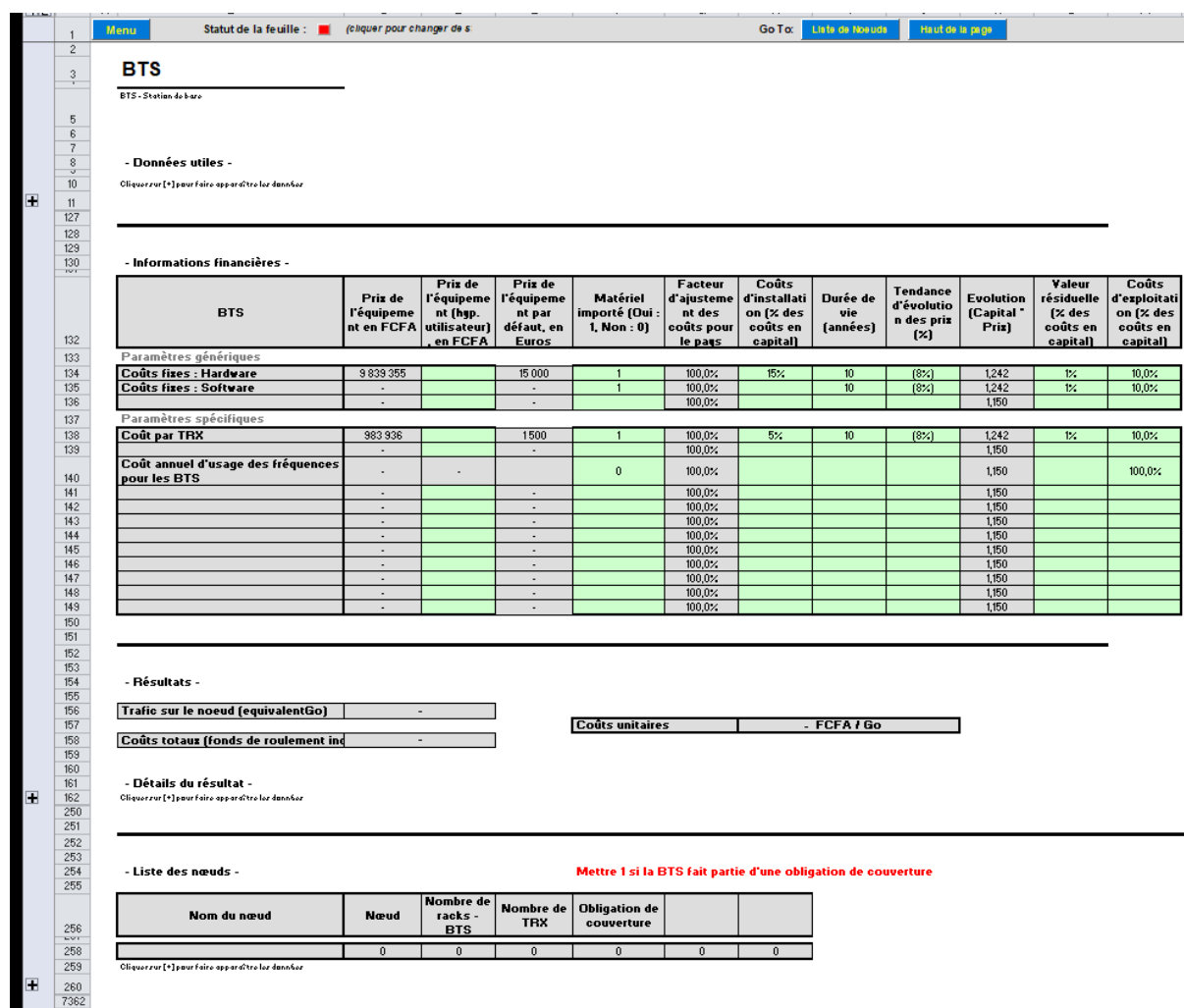


Figure 18 – Forme synthétique d'un onglet _Node

Sous sa forme synthétique, un onglet **_Node** présente des informations financières concernant le coût d'une BTS (hardware, software, etc.) et le coût unitaire en devise du modèle par Go du trafic utilisant ce nœud. Apparaissent trois zones pouvant être développées :

1. Une zone contenant des données utiles aux calculs de ce nœud ou résultant des informations renseignées sur ce nœud
2. Une zone fournissant le détail des calculs effectués pour leur meilleure traçabilité
3. Une zone accueillant les informations relatives à ce nœud

L'utilisateur peut développer les différentes sections cachées en cliquant sur les [+] sur la gauche de la feuille, ou via les boutons [1][2] en haut à gauche. Sur tous les onglets **_Node**, pour faciliter la saisie d'information, les données que peut modifier l'utilisateur se trouvent au-dessus de la section **Résultats** et les informations relatives à chaque nœud de ce type fournies par l'opérateur doivent être copiées dans la zone liste des nœuds.

b. Section Données utiles (Useful data)

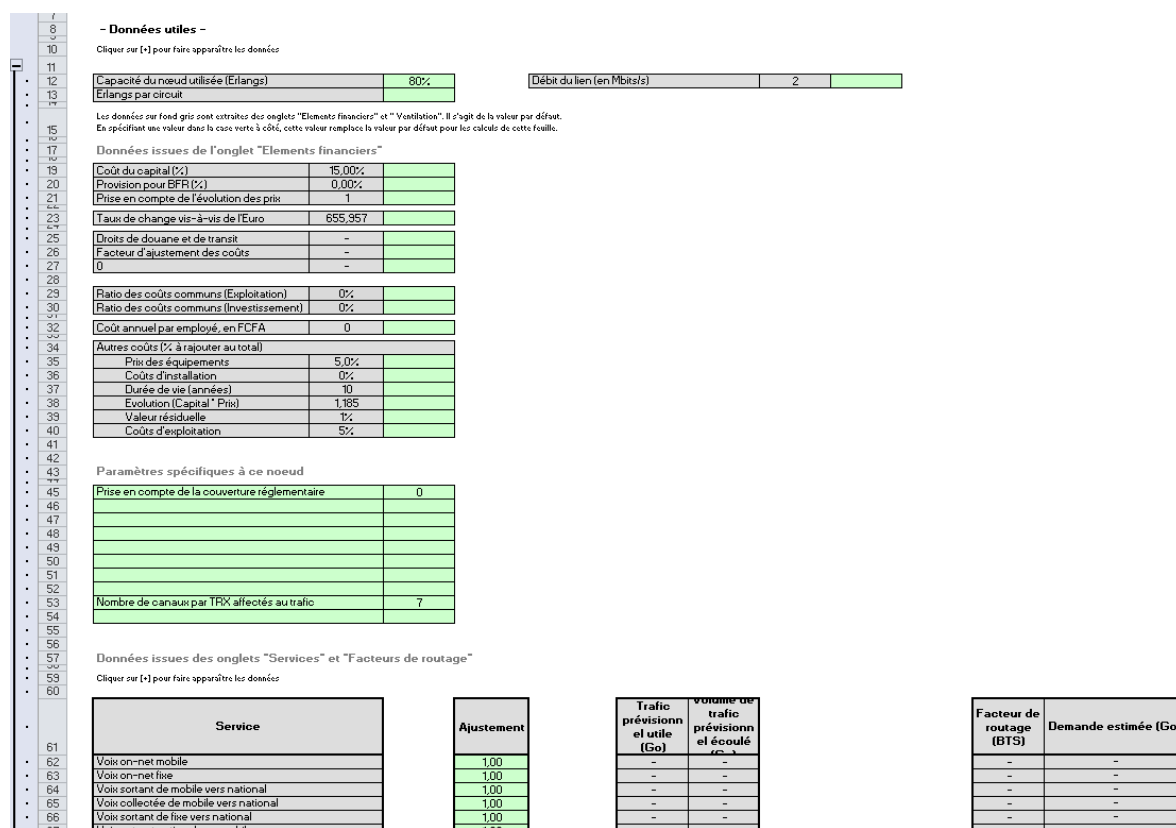


Figure 19 – Données utiles – Paramètres génériques

En haut de la section **Données utiles**, des champs rappellent des données d'ingénierie de base.

Les deux autres sous-sections rappellent des données issues des onglets **Financial** et **Results**, les valeurs par défaut pouvant être modifiées au cas par cas à l'aide des cases de couleur verte prévue à cet effet.

Dans la sous-section **Paramètres spécifiques** sont à renseigner des données propres à chaque nœud. Des valeurs par défaut ont en général été insérées, mais nombre d'entre elles peuvent être amenées à être modifiées par l'utilisateur.

Dans la sous-section **Données issues de cet onglet, quand elle est développée**, sont effectués des calculs provenant des données entrées dans la section **Liste des nœuds** principalement.

Dans la sous-section **Données issues des onglets "Services" et "Facteurs de routage"** sont rappelés le trafic prévisionnel, le volume de trafic recalculé, le facteur de routage pour ce nœud, permettant d'estimer la demande par service pour le nœud considéré. Un facteur d'ajustement peut en outre être appliqué à ce niveau, pour chacun des services.

c. Section Informations financières (Financial Information)

- Informations financières -											
BTS	Prix de l'équipement en FCFA	Prix de l'équipement (hyp. utilisateur) en FCFA	Prix de l'équipement par défaut, en Euros	Matériel importé (Oui : 1, Non : 0)	Facteur d'ajustement des coûts pour le pays	Coûts d'installation (% des coûts en capital)	Durée de vie (années)	Tendance d'évolution des prix (%)	Evolution (Capital * Prix)	Valeur résiduelle (% des coûts en capital)	Coûts d'exploitation (% des coûts en capital)
Paramètres génériques											
Coûts fixes : Hardware	9 839 355		15 000	1	100,0%	15%	10	(8%)	1,242	1%	10,0%
Coûts fixes : Software	-		-	1	100,0%		10	(8%)	1,242	1%	10,0%
Paramètres spécifiques											
Coût par TRX	983 936		1500	1	100,0%	5%	10	(8%)	1,242	1%	10,0%
Coût annuel d'usage des fréquences pour les BTS	-	-	-	0	100,0%				1,150		100,0%
	-	-	-		100,0%				1,150		
	-	-	-		100,0%				1,150		
	-	-	-		100,0%				1,150		
	-	-	-		100,0%				1,150		
	-	-	-		100,0%				1,150		
	-	-	-		100,0%				1,150		
	-	-	-		100,0%				1,150		
	-	-	-		100,0%				1,150		

Figure 20 – Informations financières – données sur les coûts d'équipement du noeud

Dans la section **Informations financières**, des données de coûts sont reprises de l'onglet 'CoûtsUnit' : elles peuvent être modifiées en euros dans l'onglet 'CoûtsUnit' ou dans la devise du modèle dans ce cadre propre à chaque élément de réseau (colonne D). Toutes les hypothèses complémentaires aux calculs financiers renseignées par défaut (droits liés à l'importation de matériels, coûts d'installation, coûts d'exploitation, durée de vie, évolution des prix, valeur résiduelle) peuvent être modifiées dans cette section. Ces informations servent ensuite au calcul des coûts d'investissement et d'exploitation pour l'ensemble des nœuds du type considéré (section **Détails du résultat**).

Les données sur le Prix de l'équipement par défaut en Euros sont utilisées pour la colonne Prix de l'équipement en devise locale si aucune valeur n'est entrée dans la colonne Prix de l'équipement (hyp. Utilisateur) en devise locale. Dans le cas où c'est la valeur de l'équipement en Euros qui est utilisée, un Facteur d'ajustement des coûts pour le pays, calculé à partir des données présentées dans la figure 20 ci-dessous, est utilisé si le matériel est importé.

	Droits de douane et de transit	Surcoût marché	Transports et assurances	Facteur d'ajustement des coûts
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%
	-	-	-	100,0%

Entrez les paramètres ici pour NE PAS utiliser les données indiquées plus haut sur cet onglet.

Figure 21 – Informations financières – données liées au pays

L'utilisateur n'a à rentrer des hypothèses dans les colonnes vertes que si les données issues par défaut de ce qui a été renseigné dans la section **Données utiles** ne s'appliquent pas à toutes les lignes de coût relatives à l'équipement.

d. Sections Résultats (Results)

153	- Résultats -			
154	Trafic sur le noeud (equivalentGo)	-		
155			Coûts unitaires	- FCFA / Go
156	Coûts totaux (fonds de roulement ind	-		
157				
158				
159				
160	- Détails du résultat -			
161	Cliquer sur [+] pour faire apparaître les données			
162				
250				

Figure 22 – Résultats

Dans cette section sont calculés le trafic sur le nœud en équivalent Go, provenant des données de la sous-section **Données issues des onglets "Services" et "Facteurs de routage"** présentée précédemment, et les coûts totaux, provenant de la section **Détails du résultat**. Cela permet de calculer un coût unitaire en devise locale par équivalent Go traversant le nœud considéré.

e. Section Détails du résultat (Result Details)

- Détails du résultat -

Cliquer sur [+] pour faire apparaître les données

Détail des coûts totaux

Coûts d'équipement	-
Réseau	-
Hors-réseau	-
Coûts d'exploitation	-
Réseau	-
Hors-réseau	-

Figure 23 – Détail des coûts d'équipement et d'exploitation : Réseau et Hors-réseau

L'objet de la section **Détails du résultat** est de calculer par ligne de coûts (ex : Hardware, Software, TRX, etc.) les **Coûts d'équipement**, correspondant à des coûts d'investissements annualisés (amortis), d'une part, et les **Coûts d'exploitation**, correspondant à des charges annuelles (entretien, location, etc.), d'autre part. Les coûts **Hors-réseau** sont un pourcentage des coûts **Réseau** et correspondent à la part des coûts communs en investissement et en exploitation qui sont retenus. Ces coûts agrégés correspondent aux **Coûts totaux (fonds de roulement inclus ou exclus)** servant au calcul des **Coûts unitaires** de la section **Résultats**.

Pour faciliter l'audit des calculs, la section Détails du résultat est subdivisée en des sous-sections Détail des coûts totaux (ci-dessus), Détail des coûts d'équipement annualisés (élément de réseau), Détail des coûts d'exploitation (élément de réseau), Détail des coûts d'investissements (élément de réseau).

Dans chacune de ces sous sections, on retrouve les inducteurs de coûts présent dans les informations financières. La dernière ligne (autres coûts associés) néanmoins intègre un supplément de coût pour les matériels associés non inclus dans le prix de chaque élément de réseau, notamment tous les matériels relatifs à la supervision de réseau (O&M). La dernière ligne des inducteurs de coûts reprend la part incombant à chaque nœud des coûts de site,

calculés en _LE7. Pour les coûts d'exploitation, intervient également une ligne reprenant les coûts de personnel associés à l'élément de réseau.

La sous-section **Détail des coûts d'équipement annualisés (Réseau)** annualise les coûts d'investissement en fonction du nombre d'années d'amortissement des différentes sections de l'équipement et du coût du capital retenu. C'est ici qu'intervient ou non la prise en compte de l'évolution des prix, définie sur l'onglet [Financial](#).

Les calculs sont détaillés précisément à l'aide de formules développées (ex : Coûts fixes : Hardware (investissements) = Nombre de nœuds de ce type * Prix de l'équipement en devise locale * (1 + Coûts d'installation (% des coûts en capital)) * (1 - Valeur résiduelle (% des coûts en capital) / (1 + Coût du capital (%)) ^ Durée de vie (années))

f. Section Liste des nœuds (Node list)

253
254
255

- Liste des nœuds - Mettre 1 si la BTS fait partie d'une obligation de couverture

Nom du nœud	Nœud	Nombre de racks - BTS	Nombre de TRX	Obligation de couverture		
	0	0	0	0	0	0

256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285

Cliquer sur [*] pour faire apparaître les données

	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
	22					
	23					
	24					
	25					

Figure 24 – Liste des nœuds : extrait pour les BTS

La liste exhaustive des nœuds pour chaque type doit être intégrée avec ses valeurs à partir de la ligne 261, et ce de façon systématique pour tous les éléments de réseau. Des compteurs (ligne 258 sur tous les onglets **_Node**) sont utilisés pour déterminer le nombre de nœuds et les indicateurs sollicités.

Par défaut, jusqu'à **2048** éléments par type de nœud peuvent être pris en compte (voire plus pour certains nœuds comme les BTS). Dans le cas où ce nombre serait insuffisant, pensez à étendre la zone de calcul en modifiant les formules de la ligne **258** (n'insérez pas de lignes en milieu de liste).

Les résultats des compteurs sont reportés dans les cellules grises de la sous-section **Données issues de cet onglet** de la section **Données utiles** présentée plus haut. Ils seront utilisés par défaut dans tous les calculs ultérieurs, si l'utilisateur ne rentre pas de données dans les cellules vertes de la sous-section **Données issues de cet onglet**.

Les données contenues dans les listes d'équipement ont été décrites dans la partie II ci-dessus.

Pour les nœuds développés, l'essentiel des hypothèses à entrer est incluse dans les listes de [nœuds](#) développées plus haut.

*Eléments de lien (Link elements) : onglets **_LE 1..32***

a. Généralités sur les « éléments de liens »

Nous appelons dans ce modèle « éléments de lien » tout ce qui concerne l'infrastructure et l'électronique de transmission sous-jacentes aux liens reliant les nœuds du réseau entre eux. Celles-ci sont regroupées par grandes familles, réunies au sein d'un même onglet, nommé **_LE 1..32** (pour « Link Element »). Un type de liaison entre deux nœuds peut faire intervenir une ou plusieurs de ces familles.

Actuellement, 7 grandes familles sont définies :

SDH et WDM, équipements de transmission optiques : **_LE 1**

Câbles de fibres optiques (par nombre de fibres): **_LE 2**

Faisceaux hertziens (répéteurs, équipements d'antenne, sites hertziens avec environnement) : **_LE 3**

Pylônes (sur toits, légers, moyens, lourds, actuellement pour faisceaux hertziens et BTS) : **_LE 4**

Conduites (urbaines, suburbaines, rurales) : **_LE 5**

Satellite (systèmes DomSat) : **_LE 6**

Sites et énergie : **_LE 7**

Ces "éléments de lien" présentent également une forme générique, afin d'optimiser l'ergonomie du modèle, et de faciliter l'audit de ses formules. Outre les 7 familles déjà définies, 25 autres onglets ont été pré-formatés afin de permettre à l'administrateur de définir de nouvelles familles, ou de rajouter d'autres lignes de coûts pour des familles déjà définies. Par ailleurs, un maximum de données provenant d'onglets complétés au cours des étapes précédentes est rappelé sur chacun des onglets, afin de faciliter l'audit du modèle.

Il n'y a que quatre liens pour lesquels des [informations](#) sont requises:

_LE2: liste de trajets optiques

_LE3: liste de trajets hertziens, plus le coût d'usage des fréquences pour les FH (F67)

_LE6: liste de trajets satellitaires, plus information sur le coût d'usage des fréquences pour les stations terriennes (F63)

_LE7: liste de sites avec leurs équipements (pylônes et énergie notamment)

Les autres feuilles, sauf à vouloir modifier des valeurs par défaut, sont pré-renseignées ou utilisent des données provenant de listes d'équipement.

b. Sections des onglets **_LE**

Sections identiques à celles des onglets **_Node**

Sur tous les onglets **_LE**, les données éventuellement modifiables par l'utilisateur sont rassemblées en haut d'onglet. Aucune donnée n'est à renseigner en dessous de la ligne 71 (fin de la section **Informations financières**) sauf en ce qui concerne la liste des équipements pour certains liens (**_LE2** (trajets optiques), **_LE3** (trajets hertziens), **_LE6** (trajets satellite) et **_LE7** (sites)).

Comme pour les nœuds, une première section **Données utiles** présente deux sous-sections **Données issues de l'onglet « Éléments financiers »** et **Paramètres spécifiques**. Leur principe est identique à celui des onglets nœuds. La sous-section **Données issues des onglets "Services" et "Facteurs de routage"** n'est en revanche pas présente, puisque ces données sont rassemblées pour tous les éléments de liens sur l'onglet **Links** présenté par la suite.

Les sections **Informations financières**, présentant des informations sur le coût des équipements, par ligne de coûts, et **Détails du résultat**, fonctionnent exactement sur le même principe que celles des onglets **_Node**. Il n'y a pas pour les onglets **_LE** de section **Résultats**, car ces informations (coût en devise locale par équivalent Go traversant un type de lien) sont rassemblées sur l'onglet **Links**.

Deux nouvelles sections apparaissent sur tous les onglets **_Links**.

c. Section Répartition par lien (Link breakdown)

- Répartition par lien -							
Détail des coûts d'équipement annualisés (Réseau)							
Lien	Câble 6 fibres	Câble 12 fibres	Câble 24 fibres	Câble 36 fibres	Câble 48 fibres	Câble 96 fibres	
Route # 1	-	-	-	-	-	-	-
Route # 2	-	-	-	-	-	-	-
Route # 3	-	-	-	-	-	-	-
CN - IGW	-	-	-	-	-	-	-
Route # 5	-	-	-	-	-	-	-
Route # 6	-	-	-	-	-	-	-
Route # 7	-	-	-	-	-	-	-
Route # 8	-	-	-	-	-	-	-
Route # 9	-	-	-	-	-	-	-
Route # 10	-	-	-	-	-	-	-
AN - Controller	-	-	-	-	-	-	-
Controller - CN	-	-	-	-	-	-	-
CN - CM	-	-	-	-	-	-	-
Route # 14	-	-	-	-	-	-	-
Route # 15	-	-	-	-	-	-	-
Route # 16	-	-	-	-	-	-	-
Route # 17	-	-	-	-	-	-	-
Route # 18	-	-	-	-	-	-	-
Route # 19	-	-	-	-	-	-	-
Route # 20	-	-	-	-	-	-	-
Route # 21	-	-	-	-	-	-	-
Route # 22	-	-	-	-	-	-	-
Route # 23	-	-	-	-	-	-	-
Route # 24	-	-	-	-	-	-	-
Route # 25	-	-	-	-	-	-	-
Route # 26	-	-	-	-	-	-	-
Route # 27	-	-	-	-	-	-	-
Route # 28	-	-	-	-	-	-	-
Route # 29	-	-	-	-	-	-	-
Route # 30	-	-	-	-	-	-	-
Route # 31	-	-	-	-	-	-	-
Route # 32	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	-	-	-	-	-

Figure 25 – Répartition par lien – exemple de l'onglet SDH

Nous avons expliqué que les "éléments de lien" correspondaient à l'infrastructure et à l'électronique de transmission sous-jacentes à chaque type de route, une route reliant deux nœuds de même type ou de type distinct entre eux. Cette section rassemble, pour chacune des lignes de coûts de la section **Informations financières**, les données nécessaires par type de route (AN-CN, CN-CN, etc.) du sous-jacent considéré. Ces données, issues de la section **Détail des calculs**, sont ensuite reprises sur l'onglet [Links](#), afin de déterminer un coût final, en devise locale, par équivalent Go traversant un type de lien particulier.

d. Section Détails des calculs (Calculation detail)

Présentes pour chacune des familles, mais différant fortement de l'une à l'autre, ces sections font appel à de nombreuses données des onglets considérés, mais aussi des onglets **_Node** et **_Links**.

Par ailleurs, des sections spécifiques à chaque famille peuvent apparaître en haut de chaque onglet, à droite de la section **Données utiles**.

Retour sur les facteurs de routage :

Une fois que tous les onglets **_Node** et **_LE** ont bien été remplis par l'utilisateur, il est utile de revenir sur les onglets [NodeRoutFacts](#) et [LinkRoutFacts](#) vus précédemment, puisque toutes les données intervenant dans les calculs par défaut des facteurs de routage ont déjà été saisies. L'utilisateur peut ainsi choisir à ce moment de rentrer des valeurs personnelles sur ces onglets, si certains des facteurs de routage par service, calculés automatiquement, lui semble trop éloignés de la réalité, pour l'opérateur considéré.

*Liens (Links) : onglet **_Links***

Cet onglet n'est pas apparent naturellement. Il faut en demander l'ouverture dans l'onglet menu (ligne 69).

a. Objet de l'onglet **_Links**

Pour les nœuds du réseau, nous pouvions parvenir sur chacun des onglets à un coût en devise locale par équivalent Go traversant le type de nœud considéré. Le problème est plus délicat pour les liens, car un type de lien considéré (ex : CN-CN) peut être supporté par plusieurs infrastructures et électroniques de transmission (SDH + fibres optiques + tranchées, Faisceaux hertziens + pylônes, etc.). Il faut donc, pour chaque type de lien, ventiler les coûts par ligne de coûts de chaque grande famille d'éléments de liens définie. C'est l'objet de l'onglet **_Links** : croiser les données de charges du réseau par service (trafic et facteurs de routage), s'appliquant bien à des liens, et les données sur les coûts d'équipement et d'exploitation, s'appliquant en revanche aux infrastructures et électroniques de transmission sous-jacentes (onglets [LE](#)).

Aucune donnée n'est à rentrer par l'utilisateur sur l'onglet **_Links**, celui-ci effectuant des calculs à partir des données reprises sur les onglets **Services**, **Financial**, **LinkRoutFacts** et

_LE 1..32, normalement complétés au préalable (l'utilisation du code couleur de remplissage des onglets se révélant ici particulièrement avantageuse). C'est en revanche un onglet très utile pour l'utilisateur, lui permettant de vérifier la cohérence de nombre de données, et d'avoir une vue synthétique de tous les coûts affectant les liens.

b. Précisions sur le passage des liens aux routes.

Pour effectuer le passage des différentes infrastructures caractérisées par leur technologie (optique, hertzienne, satellite...) aux routes reliant les nœuds, il est nécessaire d'affecter le coût de ces infrastructures aux différentes routes.

Dans chaque onglet relatif aux liens (_LExx), une ventilation est opérée en fonction des indicateurs disponibles pour affecter les coûts sur les routes. Cette affectation est récupérée dans l'onglet **_Links** pour compiler l'ensemble des informations relatives aux routes et obtenir un coût de traversée du Go route par route.

Résultats (Results)

Le principe de ce modèle est d'obtenir le détail des différents coûts d'interconnexion. Les étapes remplies jusqu'à ce stade permettent d'obtenir le coût *Bottom-Up*, c'est-à-dire en partant des éléments du réseau un par un et en les agrégeant. L'agrégation de ces résultats s'opère sur l'onglet **Results**.

a. Résultats du modèle (Model results) : onglet Results

L'onglet **Results** présente les résultats détaillés des coûts de traversée du réseau pour chaque service ayant un trafic non nul. Cet onglet n'est utile que pour ceux qui souhaitent avoir accès à l'intégralité des résultats de calcul des coûts.

En haut de l'onglet, on trouve les coûts de commutation (coûts de traversée des nœuds), par équivalent Go. Ces coûts sont présentés à la fois en Euros et dans la monnaie du modèle. En dessous sont présentés, de la même manière, les coûts de transmission, c'est-à-dire pour chaque route.

Ces données sont le rappel des informations que l'on trouve sur chaque onglet de nœud correspondant ou sur l'onglet **Links** récapitulant les coûts des routes à partir de l'analyse des coûts des liens.

On trouve ensuite, pour chaque service, plusieurs informations :

Commut. est le coût de commutation, en équivalent Go, pour le service donné. Il est obtenu à partir du produit matriciel réalisé entre les coûts de chaque nœud et les facteurs de routage du service correspondant.

Transm. est obtenu de manière identique avec les routes.

Ces deux informations, sommées, donnent le **Coût en équivalent Go, monnaie locale**. Ce coût est ensuite indiqué en Euros et donne le **Coût en équivalent Go, euros**.

Enfin, les **Coûts consolidés, en monnaie locale** sont obtenus en multipliant le coût en équivalent Go par la valeur du trafic, en Go. Il s'agit du coût total imputable à chaque service.

Ces informations sont ensuite utilisées dans le bas du modèle, qui donne coût par service et par unité pertinente. Ce résultat est obtenu en multipliant le coût en équivalent Go par le facteur de conversion approprié. Ce facteur de conversion et l'unité pertinente du service sont extraits de l'onglet **Services**.

On obtient ainsi, pour chaque service, dans la monnaie locale et en euros, le coût par unité du service correspondant (min, unité, km, etc.).

- Détails de coûts par service -		
Cliquez sur [+] pour faire apparaître les données		
Service	Coût en unité de référence	Coût en équivalent Mb, euros
Voix on-net	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 2	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 3	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 4	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 5	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 6	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 7	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 8	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 9	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Voix sortant de mobile	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Voix sortant de fixe	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 12	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 13	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 14	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 15	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 16	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 17	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 18	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 19	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Voix entrant vers mobile	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Voix entrant vers fixe	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 22	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 23	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 24	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 25	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 26	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 27	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 28	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Service 29	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Voix sortant de mobile vers gw internationale	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Voix sortant de fixe vers gw internationale	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Voix entrant de gw internationale vers mobile	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min
Voix entrant de gw internationale vers fixe	- FCFA / Min	- Euros (centimes) / Min

Figure 26 – Résultats finaux

V. Pilotage du modèle

1. Pilotage du modèle : onglet Steering

L'onglet 'Steering' est l'onglet crucial de pilotage du modèle pour affiner les résultats fournis. Cet onglet permet d'une part de faire remonter toutes les informations essentielles au pilotage du modèle (tableau de bord) et de proposer un certain nombre de "manettes" pour apprécier la sensibilité du modèle. En haut de l'onglet doivent apparaître les intitulés de la caractérisation de la modélisation: nom du pays, nom de l'opérateur, année de modélisation.

Cet onglet ne possède pas de cellules fusionnées de façon à pouvoir être copié facilement dans un autre classeur de façon à permettre les comparaisons entre opérateurs. À cette fin, copier la feuille dans son intégralité et la coller dans une feuille vierge du classeur de comparaison, en procédant éventuellement à deux collages, le premier normal, et le deuxième, éventuellement si on ne souhaite pas conserver de lien avec le classeur originel, en valeur.

Cet onglet est divisé en quatre zones analysées ci-dessous.

Résultats

Cette zone affiche les résultats des coûts de traversée du réseau des appels entrants, c'est-à-dire les coûts des services d'interconnexion, dans leur unité de référence (devise utilisée/unité de référence).

Résultats

Services	Coûts estimés	FCFA / unité	en cEuros/unité
Voix on-net mobile	-	FCFA / Min	-
Voix on-net fixe	-	FCFA / Min	-
Voix collectée de mobile vers national	-	FCFA / Min	-
Voix entrant national vers mobile	-	FCFA / Min	-
Voix entrant national vers fixe	-	FCFA / Min	-
Voix entrant de gw internationale vers mobile	-	FCFA / Min	-
Voix entrant de gw internationale vers fixe	-	FCFA / Min	-
Transit domestique	-	FCFA / Min	-
Voix transit vers gw internationale	-	FCFA / Min	-
Voix transit de gw internationale	-	FCFA / Min	-
SMS on net	-	FCFA / Num	-
SMS entrant domestique	-	FCFA / Num	-
SMS entrant international	-	FCFA / Num	-
MMS on net	-	FCFA / Num	-
MMS entrant domestique	-	FCFA / Num	-
MMS entrant international	-	FCFA / Num	-
Trafic USSD gestion des services	-	FCFA / Num	-
Trafic USSD monnaie électronique	-	FCFA / Num	-
Trafic USSD autres	-	FCFA / Num	-
Data mobile de/vers internet 2G	-	FCFA / Go	-
Data mobile de/vers internet 3G	-	FCFA / Go	-
Data mobile de/vers internet 4G	-	FCFA / Go	-
Connexion fixe au débit résidentiels	-	FCFA / Mb/s	-
Connexion fixe au débit professionnels	-	FCFA / Mb/s	-
Connexion fixe au débit FAI	-	FCFA / Mb/s	-
Transit IP	-	FCFA / Mb/s	-

Les données sont présentées dans la monnaie du modèle et en euros de façon à simplifier les benchmarks internationaux.

Tous les services ne sont pas inscrits dans ce tableau pour ne pas le surcharger, mais tous sont disponibles dans l'onglet 'Results'.

À droite de ce tableau, sont indiqués des points de vigilance, essentiellement sur la bonne saisie d'informations externes. Si ces points n'ont pas lieu d'être, ils sont marqués d'une validation verte. S'ils subsistent, ils sont marqués d'une croix rouge, avec mention des contrôles à effectuer. Il s'agit soit de contrôles de cohérence, soit de défaut d'informations.

Paramétrages

Pour affiner l'analyse, il est mis à la disposition de l'utilisateur quatre "manettes" lui permettant d'agir instantanément sur les résultats du modèle qui s'affichent dans ces cellules ainsi que dans les cellules résultats. Ces quatre manettes consistent à:

- Appliquer un codage de la voix différent du codage par défaut (16 kbps) (cellule D45)
- Appliquer un facteur multiplicateur (supérieur ou inférieur à 1) à tous les coûts unitaires des équipements utilisés dans le modèle (cellule D46)
- Appliquer un facteur multiplicateur (inférieur ou supérieur à 1) au trafic qui sera pris en compte par le modèle (cellule D47).
- Appliquer un facteur d'ajustement du bêta pris en compte dans le calcul du coût du capital de façon à voir l'incidence d'une modification du coût du capital (cellule D48).

Trois facteurs seront pris en différentiel (plus ou moins x%) dont la valeur doit donc être entrée en D46, D47 ou D48. Le codage de la voix est lui, exprimé en kbps (dans une fourchette de vraisemblance, de 4 à 64 Kbps).

Le facteur d'ajustement des coûts va notamment permettre à l'utilisateur d'approcher artificiellement les coûts comptables, tant en CAPEX qu'en OPEX, et de comparer les résultats obtenus en matière de coûts d'interconnexion au résultat brut présenté dans la zone contrôle en E54. Cette simulation va lui permettre de mieux maîtriser la différence entre le modèle et les comptes, et éventuellement de tester l'incidence d'une correction ajustée des coûts unitaires, notamment si l'audit des coûts n'a pas pu être conduit dans de bonnes conditions.

Le facteur d'ajustement du trafic va permettre à l'utilisateur de tester l'incidence d'une variation de trafic sur les résultats des coûts d'interconnexion, notamment si le trafic semble mal apprécié. Le nouveau trafic résultant de cette variation sera présenté en E47 en Go.

Le facteur d'ajustement du bêta permet de "manipuler" le coût du capital à travers la sensibilité de la note de risque (le bêta). Le facteur qui sera placé en D48 va modifier le bêta du coût moyen pondéré du capital (WACC) et va donc agir sur le WACC dont la nouvelle valeur sera présentée en E48.

Grâce à ces trois "manettes", l'utilisateur peut tester la sensibilité du modèle à une variation de trois hypothèses très influentes du modèle et ainsi préciser les plages de valeur probables de la TA.

Toujours dans la zone paramétrage, apparaissent à droite deux paramétrages optionnels.

Le premier permet de calculer les coûts incrémentaux hors obligations de couverture (cf. introduction). Tous les équipements (essentiellement des équipements d'accès mobile) signalés comme résultant d'une obligation de couverture (issue d'un cahier des charges) ne seront pas comptabilisés dans les coûts incrémentaux, abaissant d'autant les valeurs des coûts d'interconnexion.

Le second permet de calculer des coûts incrémentaux "plus" stricts, en ce sens qu'ils ne comprennent aucun mark-up pour coûts joints et communs. Valider ces deux paramétrages diminue donc sensiblement les coûts d'interconnexion fourni par le modèle. Ces deux paramétrages doivent évidemment résulter de décisions de régulation les prenant en compte.

Contrôles des calculs

Trois types de contrôles sont proposés pour valider le bon fonctionnement du modèle.

- Le premier fournit une comparaison des coûts obtenus au moyen du modèle avec une analyse simple des données comptables: une estimation du coût de terminaison d'appel téléphonique (TA) sur le réseau considéré est calculé de façon automatique à partir des données comptables selon la formule suivante:

Coût de la TA téléphonique = coût de traversée du Go ts services *conversion Go/mn*60%

Avec coût de traversée du Go ts services=(investissement annualisé + coût d'exploitation)/trafic total Go

Contrôle des calculs

Contrôle	Tous services	Terminaison d'appel
Coût rapide estimé du Go (comptes)	-	-
Coût rapide estimé de la minute	-	-
Coût du capital (%)	15,00%	4,77

=PHQ

Durée de vie moyenne
9
60%

On trouvera en E55 le résultat de ce calcul. Cette valeur de la TA peut être considérée comme la borne supérieure du coût de la TA. Elle forme en quelque sorte une estimation frustrée mais simple d'une TA qui serait obtenue à partir des comptes selon une analyse des coûts historiques pertinents complètement distribués (approche FDC).

- Le deuxième permet de visualiser l'écart existant entre l'analyse comptable et l'analyse obtenue par le modèle. Les coûts d'investissement résultant du modèle sont comparés avec les coûts d'investissement issus de l'analyse comptable effectuée sur l'onglet 'Top-down'. Idem pour les coûts d'exploitation.

	Modèle	Comptes	Ratio	% CAPEX base
61	Coûts d'investissement réseau	535 079 638	-	-
62	Coûts d'investissement annualisés	80 118 531		
63	Coûts d'exploitation	15 951 278	-	
64	OPEX/CAPEX	3%	-	
65	CAPEX/Annuity	6,68		

La ligne 61 affiche côte à côte les résultats donnés par le modèle et les résultats fournis par l'analyse comptable top-down pour ce qui est des investissements (CAPEX). Logiquement, la valeur du modèle doit être inférieure à la valeur comptable d'un pourcentage (affiché en F61) d'autant plus important que l'opérateur est ancien (coûts historiques élevés, efficacité plus faible, etc.).

La cellule D62 fournit la valeur annualisée du coût d'investissement donné par le modèle. La ligne 63 affiche la comparaison des valeurs fournies par le modèle et l'analyse comptable pour les dépenses d'exploitation (OPEX). L'écart en % des deux valeurs est affiché en F62. Le ratio des OPEX sur les CAPEX pour chaque source (modèle et analyse comptable) est présenté en ligne 64. Le facteur PHQ synthétique est quant à lui affiché en D65 comme rapport des CAPEX à l'annuité synthétique calculée par le modèle.

Le % CAPEX/base (G61) rapporte le volume des capex retenu dans la comptabilité sur le total des capex comptables.

Il est alors possible de faire évoluer homothétiquement les coûts unitaires grâce à la commande disponible dans les paramétrages pour rapprocher ces grandeurs. Cette comparaison peut également conduire à modifier certains % de frais d'exploitation de certains éléments de réseau.

Toutes ces informations donnent une vision synthétique de la réconciliation entre les données du modèle et l'analyse comptable effectuée dans l'onglet Top-down. Cette vision rapprochée des données comptables et des calculs modélisés est essentielle à une bonne interprétation des résultats. Elle permet de conforter les valeurs obtenues par la modélisation et de comprendre les écarts avec la comptabilité.

- Troisième contrôle, un petit tableau spécifique permet de contrôler (B67-F68) que le calcul global des coûts, qu'il soit calculé par élément ou par service, est bien identique. La case F68 doit présenter une valeur nulle. Si ce n'est pas le cas, c'est en général parce que les facteurs de routage sont mal renseignés: il existe en effet vraisemblablement une poche de coûts qui n'est pas amortie par des trafics: bien vérifier alors les facteurs de routage en ce cas. Il faut alors activer du trafic sur des éléments de réseau pour résorber les coûts correspondants.

Une zone spéciale à droite de ces contrôles est destinée à recevoir les commentaires qualitatifs à retenir pour l'appréciation du modèle. Ceux-ci peuvent comprendre:

- Des appréciations sur la qualité des données placées dans le modèle
- Des indications sur les sources utilisées
- Des commentaires sur la pertinence, la cohérence ou la vraisemblance de telle ou telle donnée, telle ou telle source, tel ou tel calcul
- Tout autre commentaire utile à la compréhension du modèle et de ses résultats

Synthèse et contrôle des données

Puis apparaissent différentes zones permettant de synthétiser et qualifier la qualité et la nature des résultats obtenus.

En tête de cette zone, se trouvent des tableaux synthétiques des données utilisées dans le modèle :

Dans le pavé B73-D79, est présenté le calcul du coût du capital.

- Coût du capital -	
Taux sans risque	-
Taux avec risque sur actions	-
Note de risque (coefficient beta)	-
Taux d'imposition des bénéfices	-
Taux d'endettement	-
Coût de la dette	-
Coût du capital (%)	-

Dans le pavé J72-Q81, sont présentées les données entrées pour qualifier le trafic, en minutes pour le trafic téléphonique et en Go pour tous les trafics. Des données de recettes et des prix moyens calculés sur ces bases complètent ce tableau.

Données de trafic	Minutes voix	Go ts trafics	% mn	% Go	Revenu	Prix moyen/mn	Prix moyen/Go
Trafic on-net	-	-	0,0%	0,0%	-	-	-
Trafic sortant	-	-	0,0%	0,0%	-	-	-
Trafic entrant international	-	-	0,0%	0,0%	-	-	-
Trafic entrant hors international	-	-	0,0%	0,0%	-	-	-
Transit	-	-	0,0%	0,0%	-	-	-
Messages	-	-	0,0%	0,0%	-	-	-
Data	-	-	0,0%	0,0%	-	-	-
Liaisons louées	-	-	0,0%	0,0%	-	-	-
Total	-	-	0,0%	0,0%	-	-	-

Puis, sont synthétisés un certain nombre d'indicateurs volumétriques du réseau, tant pour les nœuds que pour les liens, ce qui permet d'avoir une vue synthétique de la composition du réseau :

Network	Nb de nœuds	Quantity		Lien	Quantity
MSAN	-	0 ports installés	SDH - WDM	-	eq. E1
Node #2			Câbles de fibres optiques	-	km
Node #3			Faisceaux hertziens	-	km
Node #4			Pylônes	5	pylônes
BS WLL	-	0 TRX	Conduites	-	km
BSC WLL	-		Satellite	-	E1
BS WiMax	-	0 CE	Sites	78	kVA
BSC WiMax	-		Element de lien # 8		
Noeud # 9			Element de lien # 9		
Noeud # 10			Element de lien # 10		
BTS	-	0 TRX	Element de lien # 11		
BSC	-		Element de lien # 12		
Node B	-	0 CE	Element de lien # 13		
RNC	-		Element de lien # 14		
eNodeB	-	0 CE	Element de lien # 15		
Node # 16			Element de lien # 16		
Node # 17			Element de lien # 17		
Node # 18			Element de lien # 18		
Node # 19			Element de lien # 19		
MGW	-	0 Erlangs	Element de lien # 20		
MSC Server	-	0 SCC	Element de lien # 21		
Routeurs IP MPLS	-	0 Gb/s	Element de lien # 22		
IGW	-		Element de lien # 23		
GGSN	-	0 Gb/s	Element de lien # 24		
SGSN	-	0 Gb/s	Element de lien # 25		
Noeud # 26			Element de lien # 26		
HLR	-	0 Abonnés	Element de lien # 27		
SMSC	-	0 SMS/s	Element de lien # 28		
Noeud # 29			Element de lien # 29		
Route # 3			Element de lien # 30		
Noeud # 31			Element de lien # 31		
Noeud # 32			Element de lien # 32		

A droite de ce tableau, la synthèse, tant en capex qu'en opex, des nœuds, liens et routes est fournie, ce qui permet de valider la cohérence globale des données financières du réseau et de repérer sur quels éléments de réseau portent d'éventuelles anomalies, invraisemblances, erreurs ou bugs du modèle. Un regard attentif à ce tableau est indispensable.

Nœud	Capex	Opex	Lien	Capex	Opex	Lien	Capex	Opex
MSAN	-	-	Route # 1	-	-	SDH - WDM	-	-
Node #2	-	-	Route # 2	-	-	Câbles de fibres optiques	-	-
Node #3	-	-	Route # 3	-	-	Faisceaux hertziens	-	-
Node #4	-	-	Route # 4	-	-	Pylônes	30 393 252	2 483 746
BS WLL	-	-	Route # 5	-	-	Conduites	-	-
BSC WLL	-	-	Route # 6	-	-	Satellite	147 538 985	4 566 352
BS WiMax	-	-	Route # 7	-	-	Sites	357 147 401	8 901 180
BSC WiMax	-	-	Route # 8	-	-	Element de lien # 8	-	-
Noeud # 9	-	-	Route # 9	-	-	Element de lien # 9	-	-
Noeud # 10	-	-	Route # 10	-	-	Element de lien # 10	-	-
BTS	-	-	AN - CN	117 168 235	4 827 732	Element de lien # 11	-	-
BSC	-	-	CN - CN	338 657 642	8 928 822	Element de lien # 12	-	-
Node B	-	-	CN - IGW	79 253 761	2 194 725	Element de lien # 13	-	-
RNC	-	-	Route # 14	-	-	Element de lien # 14	-	-
eNodeB	-	-	Route # 15	-	-	Element de lien # 15	-	-
Node # 16	-	-	Route # 16	-	-	Element de lien # 16	-	-
Node # 17	-	-	Route # 17	-	-	Element de lien # 17	-	-
Node # 18	-	-	Route # 18	-	-	Element de lien # 18	-	-
Node # 19	-	-	Route # 19	-	-	Element de lien # 19	-	-
MGW	-	-	Route # 20	-	-	Element de lien # 20	-	-
MSC Server	-	-	Route # 21	-	-	Element de lien # 21	-	-
Routeurs IP MPLS	-	-	Route # 22	-	-	Element de lien # 22	-	-
IGW	-	-	Route # 23	-	-	Element de lien # 23	-	-
GGSN	-	-	Route # 24	-	-	Element de lien # 24	-	-
SGSN	-	-	Route # 25	-	-	Element de lien # 25	-	-
Noeud # 26	-	-	Route # 26	-	-	Element de lien # 26	-	-
HLR	-	-	Route # 27	-	-	Element de lien # 27	-	-
SMSC	-	-	Route # 28	-	-	Element de lien # 28	-	-
Noeud # 29	-	-	Route # 29	-	-	Element de lien # 29	-	-
Route # 3	-	-	Route # 30	-	-	Element de lien # 30	-	-
Noeud # 31	-	-	Route # 31	-	-	Element de lien # 31	-	-
Noeud # 32	-	-	Route # 32	-	-	Element de lien # 32	-	-
Total	-	-		535 079 638	15 951 278	TOTAL PERSONNEL		
						- Achats de capacité		
						Total	535 079 638	15 951 278

Deux tableaux viennent compléter le diagnostic de cohérence des déclarations. Un tableau met en concordance les déclarations de sites et les déclarations de nœuds.

Un deuxième tableau tente une équivalence en CE (Channel Elements) des différents nœuds d'accès à partir de ratios d'équivalence des capacités installés (dans les cellules bleues) qui doivent être adaptés au contexte.

Cohérence des déclarations de sites			
<i>A partir des sites</i>		<i>A partir des nœuds d'accès</i>	
Nb de sites en propriété	5	Nb de nœuds d'accès fixe	-
Nb de nœuds d'accès déclarés sur sites	8	Nb de nœuds d'accès mobile	-
Nb de nœuds d'accès hébergés chez autrui	6		
Nb de sites mutualisés (ouverts à autrui)	3		
Total des nœuds d'accès déclarés sur sites	14	Total des nœuds d'accès déclarés en nœuds	-

Capacités de connexion du réseau	
Ratio d'équivalence TRWICE	16
Ratio d'équivalence port MSANWICE (Mbps)	10
Ratio d'équivalence LL (Mbps/CE)	40
Total équivalents CE	-

Ratios		Modèle	Comptes
A) Coûts d'investissement réseau	'000 000 FCFA	535	-
B) Nb de nœuds d'accès	nb	-	-
C) Nb équivalents CE	nb	-	-
D) Trafic de l'année en Go	Go	-	-
A/B) Ratio capex/nœuds	'000 FCFA	-	-
A/C) Ratio capex/eq. CE	FCFA	-	-
A/D) Ratio capex/Go	FCFA	-	-
A/B) Ratio capex/nœuds	'000 euros	-	-
A/C) Ratio capex/eq. CE		-	-
A/D) Ratio capex/Go	c euros	-	-
D) Immobilisations brutes (total capex - comp)	'000 000 FCFA		-
E) Total opex (excl. amortizat et dép. financie)	'000 000 FCFA		-
A/D) Ratio capex réseau/total capex	%		-
K/E) Ratio opex réseau/total opex	%		-
D/B) Ratio Trafic/nœud	Go/nœud	-	
D/C) Ratio trafic/eq. CE	Go/eq. CE	-	
Nombre d'employés	nb		1
Coût annuel par employé, en FCFA	'000 FCFA		-
F) Dépenses d'interconnexion	'000 000 FCFA		-
G) Recettes d'interconnexion	'000 000 FCFA		-
G-F) Balance d'interconnexion	'000 000 FCFA		-
H) Recettes totales	'000 000 FCFA		-
E) Total opex (excl. amortizat et dép. financie)	'000 000 FCFA		-
H-E) EBITDA	'000 000 FCFA		-

	Modèle	Comptes
Total des abonnés filaires ou fixes - période de référence	nb	-
Total des abonnés cellulaires - période de référence	nb	-
Abonnés	nb	-
Trafic départ + arrivée internationale	Minutes	-
Trafic par abonné	Minutes	-
ARPU téléphonique mensuel/abonné	FCFA	-
Recette téléphonique moyenne (par minute)	FCFA	-
ARPU data mensuel/abonné	FCFA	-
Recette data moyenne (par Go)	FCFA	-
ARPU tous services mensuel/abonné	FCFA	-
Recette moyenne tous services (par eq. Go)	FCFA	-

Zone ratios

Cette zone fournit un certain nombre de ratios qui peuvent être utiles au régulateur dans le cadre d'une analyse croisée entre opérateurs. Ces ratios sont calculés tant sur les données issues du modèle que sur celles issues de l'analyse comptable quand cela s'avère pertinent.

Cette zone a vocation à être complétée au fur et à mesure que l'usage du modèle se développe.

2. Pilotage du modèle: onglet OFNet (Optical Fiber Network)

L'onglet OFNet, introduit en 2016, permet d'avoir une estimation du coût des capacités optiques décrites dans le modèle sous l'onglet _LE2.

Si les informations de l'onglet _LE2 sont bien renseignées, et si les éléments financiers sont également renseignés (coût du capital), alors, il est possible d'avoir une évaluation du coût des capacités optiques dans l'onglet OFNet.

Ces capacités sont hiérarchisées autour de l'E1, capacité centrale de référence. Les capacités infra E1 vont du 64 kbps à l'E1, tandis que les capacités supra E1 vont jusqu'au STM 256 et au WDM à 40 gbps. A été ajouté la fibre noire (par paire de fibres).

Paire fibre	64k	128k	256k	512k	E1	E3/DS3	STM1	STM4	STM16	STM64	STM256	WDM 10G	WDM 40G
-------------	-----	------	------	------	----	--------	------	------	-------	-------	--------	---------	---------

Les coûts des capacités optiques sont soumis à deux inducteurs:

- Un inducteur de distance (longueur des câbles et fibres, et leur pose)
- Un inducteur de capacité (équipements de transmission placés sur les trajets)

Les coûts soumis à la distance représentent de 55 à 70% des coûts totaux, ceux soumis à la capacité de 30 à 45%. Deux types de tarification sont alors proposés, une tarification à la distance (dans laquelle il a fallu convertir les coûts insensibles à la distance selon des distances forfaitaires) et une tarification forfaitaire, sur des bases de distance données. Différentes tarification sont dès lors possibles.

Prix au km	FCFA	Matrice d'utilisation			Paire fibre	64k	128k	256k	512k	E1
		Distance moyenne LS	Equipts optiques SDH	Equipts optiques WDM						
Liaisons spécialisées urbaines		15	-	-						
Liaisons spécialisées interurbaines		200	-	-		-	-	-	-	-
Liaisons spécialisées aux frontières		415	-	-		-	-	-	-	-
Fibre noire domestique					-					
Prix forfaitaire	FCFA				Paire fibre	64k	128k	256k	512k	E1
Liaisons spécialisées urbaines		15	-	-		-	-	-	-	-
Liaisons spécialisées interurbaines		200	-	-		-	-	-	-	-
Liaisons spécialisées aux frontières		415	-	-		-	-	-	-	-
Fibre noire domestique		350			-					
Fibre noire aux frontières		415			-					

Ces alternatives permettent d'apprécier les possibilités tarifaires offertes en matière de capacités optiques.

Un correctif important est introduit dans ces calculs qui résulte de l'écart pouvant exister entre le gradient de capacité des offres et leur gradient tarifaire.

Chaque capacité est en effet reliée à ses voisines par un certain facteur: ainsi, un STM 16 a une capacité 4 fois plus grande qu'un STM 4, un canal 64kbps est un trentième d'un E1. Mais, les tarifs appliqués ne respectent généralement pas ce gradient: un STM 16 n'est pas facturé 4 fois un STM 4, une décote au volume est généralement proposée, et un canal 64 kbps n'est pas facturé un trentième d'un EI, mais vraisemblablement plus cher qu'un trentième. Le rapport des tarifs retenu par l'opérateur est qualifié de gradient tarifaire.

L'écart pouvant exister entre le gradient des capacités et le gradient tarifaire doit être pris en compte dans la tarification des capacités optiques en fonction de l'offre de capacité de l'opérateur. S'il offre beaucoup de grandes capacités, ses revenus seront en effet réduits par rapport à un opérateur qui n'offrirait que de petites capacités. Un facteur correctif est donc appliqué de façon à ce que les revenus s'ajustent aux coûts encourus. Ce facteur correctif est calculé en cellule E25 de la feuille OFNet.

Ce gradient tarifaire est propre à chaque opérateur. Par défaut, le gradient tarifaire retenu pour les premiers STM est celui de la CTOA:

1 DS3= 10 E1; 1 STM1=20 E1; 1 STM4= 50 E1 =2.5 STM1; ...

En sus de cette correction, un facteur d'ajustement supplémentaire des coûts, exogène, est proposé en cellule E26. Ce facteur permet généralement de rendre positif l'écart entre les

coûts encourus (de nature économique, c'est-à-dire intégrant le coût du capital de l'opérateur) et les recettes potentielles issus de la tarification proposée, qui est calculé en cellule E27, de façon à simplifier l'ajustement des tarifs.

VI. Administration

Un des buts de la refonte du modèle étant de permettre d'intégrer de nouveaux services et de nouvelles architectures de réseaux, tout a été fait pour rendre son évolutivité facile, et sans nécessiter d'intervention des développeurs du modèle initial. Pour faire évoluer le modèle, prendre contact avec Laurent Gille.

VII. INDEX

- achats de capacités, 82
- boucles locales, 9
- BS WiMax, 51
- BS WLL, 50
- BSC, 51
- BTS 2G, 50
- capitaux propres, 69
- CMILT stricts, 9, 10, 12
- codecs, 19
- coefficient béta, 70, 103
- cœur du réseau, 33
- collecte d'informations, 46
- contrôles des calculs, 104
- contrôleurs, 51
- coût des capacités optiques, 108
- coût du capital, 44, 68, 70
- coût évitable, 10, 11
- coûts de location, 64
- coûts économiques, 7, 44
- coûts joints et communs, 42, 104
- coûts pertinents, 9
- coûts unitaires, 47, 65, 103
- dette, 68
- éléments de réseau, 29
- énergie, 61
- eNodeB, 51
- facteur de conversion, 19, 20, 21, 26, 103
- facteurs de routage, 27, 37, 65, 89, 99
- frais de douane et de transit, 68
- frais de licence, 9
- frais de transport et d'assurance, 68
- GGSN, 51
- HLR, 53
- incidence du progrès technique, 81
- inducteurs de coûts, 47
- International Gateway, 52
- liaisons louées, 25
- liens, 29, 31, 48, 57, 97, 99
- Media Gateway, 51
- Messages, 25
- modèle bottom-up, 8, 45
- MSAN, 50
- MSC Server, 52
- MVNO, 23
- NGN, 32, 34, 35
- NodeB, 51
- nœuds, 29, 30, 48, 49, 55, 91
- obligations de couverture, 9, 40, 104
- Onglet Revenue, 87
- opérateur efficace, 8, 11, 36
- parcs, 28, 80
- personnel, 71, 81
- pilotage du modèle, 102
- qualité de service, 12
- réconciliation *Top-Down*, 83
- réseaux d'accès, 31
- roaming, 23, 25
- routes, 29, 48, 100
- Routeurs IP MPLS, 52
- Satellite, 59
- scorched earth, 11, 43
- scorched node, 11, 44
- service indifférencié, 48
- SGSN, 53
- Sites, 59
- SMSC, 53
- trafic, 27, 28, 103
- trafic gratuit, 23
- Trafic international, 24
- trajets, 29
- Trajets hertziens, 59
- Trajets optiques, 57
- Transit IP, 20
- URAD, 50