



Le coût du service universel : d'une idée simple à une mise en oeuvre complexe

Séminaire Fratel
2004

TERA Consultants
32 rue de Jeûneurs
75002 PARIS
Tél. + 33 (0) 1 55 04 87 10
Fax. + 33 (0) 1 53 40 85 15

S.A.S. au capital de 200 000 €
RCS Paris B 394 948 731

Définitions du coût du service universel



- **Définition juridique du service universel :**

**Offrir à tous à un prix abordable
un service donné de qualité normée et identique sur
l'ensemble d'un territoire**

- **Définition économique générale du coût du service universel :**

Pertes supportées par un opérateur à cause de règles particulières édictées par la puissance publique et pouvant donner lieu à subvention ou compensation.

Quelques principes généraux (1/2)

- *Établir des mécanismes et dispositifs qui permettent de minimiser les coûts et d'inciter à leur baisse, de maximiser les recettes tout en maintenant ou d'améliorer la qualité du service rendu*
- *Vérifier que la rétribution éventuelle des prestations de SU **ne donne pas lieu à des subventions indues** pour l'opérateur en charge du SU.*

DONC

- ==> **tenir compte des évolutions de productivité et de coût des technologies** du secteur des télécommunications (utilisation de coûts prospectifs d'un réseau efficace utilisant les meilleures technologies)*
- ==> distinguer les coûts nets attribuables au SU de ceux liés à l'inefficacité potentielle technique ou commerciale de l'opérateur*

CAR

*le SU doit être fourni au **meilleur rapport coût/qualité pour la collectivité**, le financement du SU ne doit **pas donner lieu à des subventions indues** à une entreprise disposant généralement d'un monopole de facto pour ses activités subventionnées*

Quelques principes généraux (2/2)



Pour garantir l'efficacité et l'absence de distorsion concurrentielle, il faut assurer alors :

- la mise en place de **mécanismes rigoureux de contrôle** : comptes séparés et auditables de l'opérateur de SU ;
- un calcul externe (régulateur) des coûts de production des services relevant du SU reposant sur des **méthodes rigoureuses et transparentes** ;
- une comptabilisation des **recettes indirectes et des bénéfices induits** par la fourniture du service universel ;
- des mécanismes d'évaluation et d'orientation assurant une **visibilité à long terme** aux opérateurs du secteur qu'ils soient ou non fournisseurs du SU

Le coût du service universel est un coût «net»



Recettes pertinentes : directes, indirectes et induites par le(s) service(s)

-

Coût d'investissement et d'exploitation pour offrir le service

=

COÛT NET (PERTINENT)

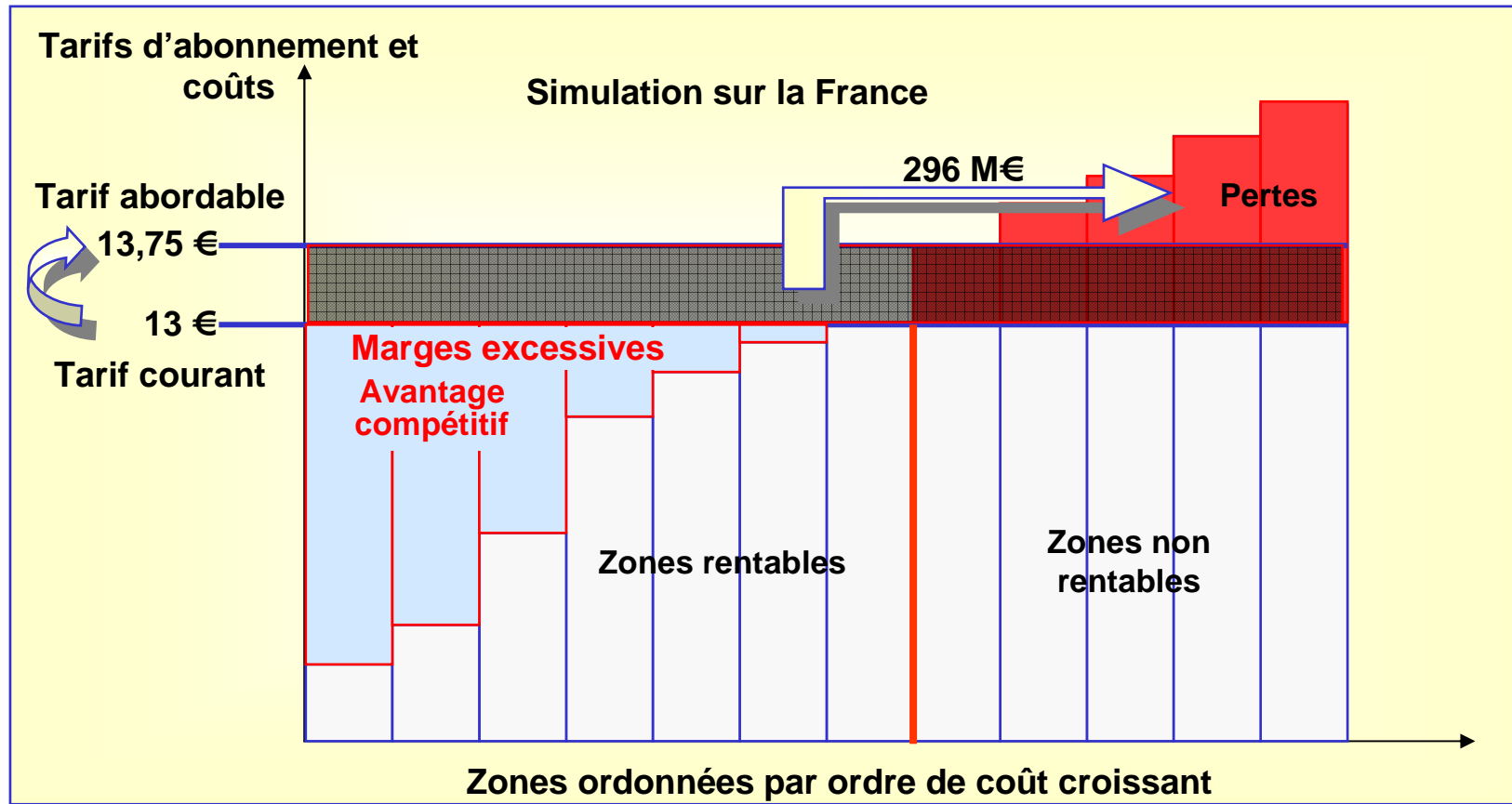
- Si coût net négatif = perte (recettes < coûts) => **COMPENSATION de SU possible**
- Si coût net positif = bénéfice (recettes > coûts) => **PAS DE COMPENSATION de SU**

Le découpage géographique un élément clé de l'évaluation du Service Universel



- Du découpage géographique retenu dépend directement le coût du service universel.
- Au niveau **national** le coût du service universel est **nul...** (ex : l'opérateur historique est souvent bénéficiaire)
- Au niveau de la **ligne d'abonné**, le coût du service universel est **maximal** (la somme de toutes les pertes non compensées)
- Deux conséquences essentielles :
 - le coût du SU est-il une charge «insupportable» pour l'opérateur qui en a la charge ? (dispositif réglementaire peut le prévoir)
 - quelle maille retenir : large ou fine, administrative (le département, la commune, le village, le quartier, l'habitation ?) ou technique (Commutateur de transit, commutateur, la station de base, le répartiteur, le sous-répartiteur..)

La méthode en coût net n'intègre pas les marges excessives sur les zones rentables supposées en concurrence c'est-à-dire le désavantage concurrentiel réel subi par l'opérateur historique



- Ce mécanisme fonde objectivement la notion de désavantage concurrentiel prévu dans le dispositif espagnol et appliqué par la CMT pour exempter les concurrents de Téléfonica d'une compensation au titre du SU en dépit d'un coût net positif supporté par l'opérateur historique

Spécificité des réseaux à externalité positive



	1	2	3	4	Facture	Coût du service	Ecart
1		50	30	20	100	35	+ 65
2	30		25	15	70	35	+ 35
3	15	20		10	45	40	+ 5
4	10	5	5		20	50	- 30
Total	55	75	60	45	235	160	+75

-----> Une gestion d'équilibre par abonné implique que l'abonné 4 doit être déconnecté ou ne peut entrer sur le réseau

CONSEQUENCE DE CETTE DECISION ?

Des abonnés non-rentables dépend l'existence du réseau

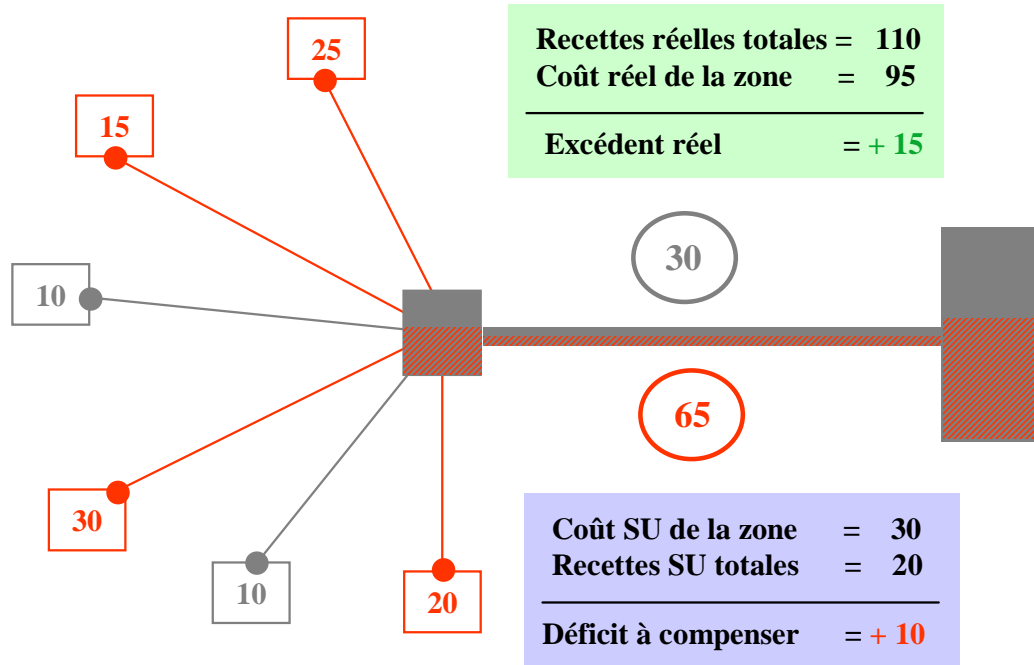


	1	2	3	4	Facture	Coût du service	Ecart
1		50	30		80	35	+45
2	30		25		55	35	+20
3	15	20			35	40	- 5
4					-	(50)	(- 50)
Total	45	70	55	-	170	110	+60
						160	+10

-----> Sans 4, le réseau perd de sa valeur et 3 n'est plus rentable. En appliquant la même procédure et en traitant 3 comme 4, le processus se perpétue...

... le réseau finit par disparaître alors qu'il est globalement rentable.

Réalité du réseau de l'opérateur versus modélisation du réseau de service universel : effet sur le coût du SU et question de distorsion potentielle de concurrence



- Coûts attribuables aux abonnés du service téléphonique analogique
- Coûts attribuables aux abonnés hors service téléphonique analogique
- Recettes attribuables aux abonnés du service téléphonique analogique
- Recettes attribuables aux abonnés hors service téléphonique analogique

La modélisation du coût net du SU isole le service de téléphonie du reste des services offerts par l'opérateur : liaisons louées, numériques, xDSL, etc., et néglige les effets positifs de mutualisation des recettes qui peuvent justifier le déploiement d'un réseau multiservice sur une zone non rentable pour le seul service de SU

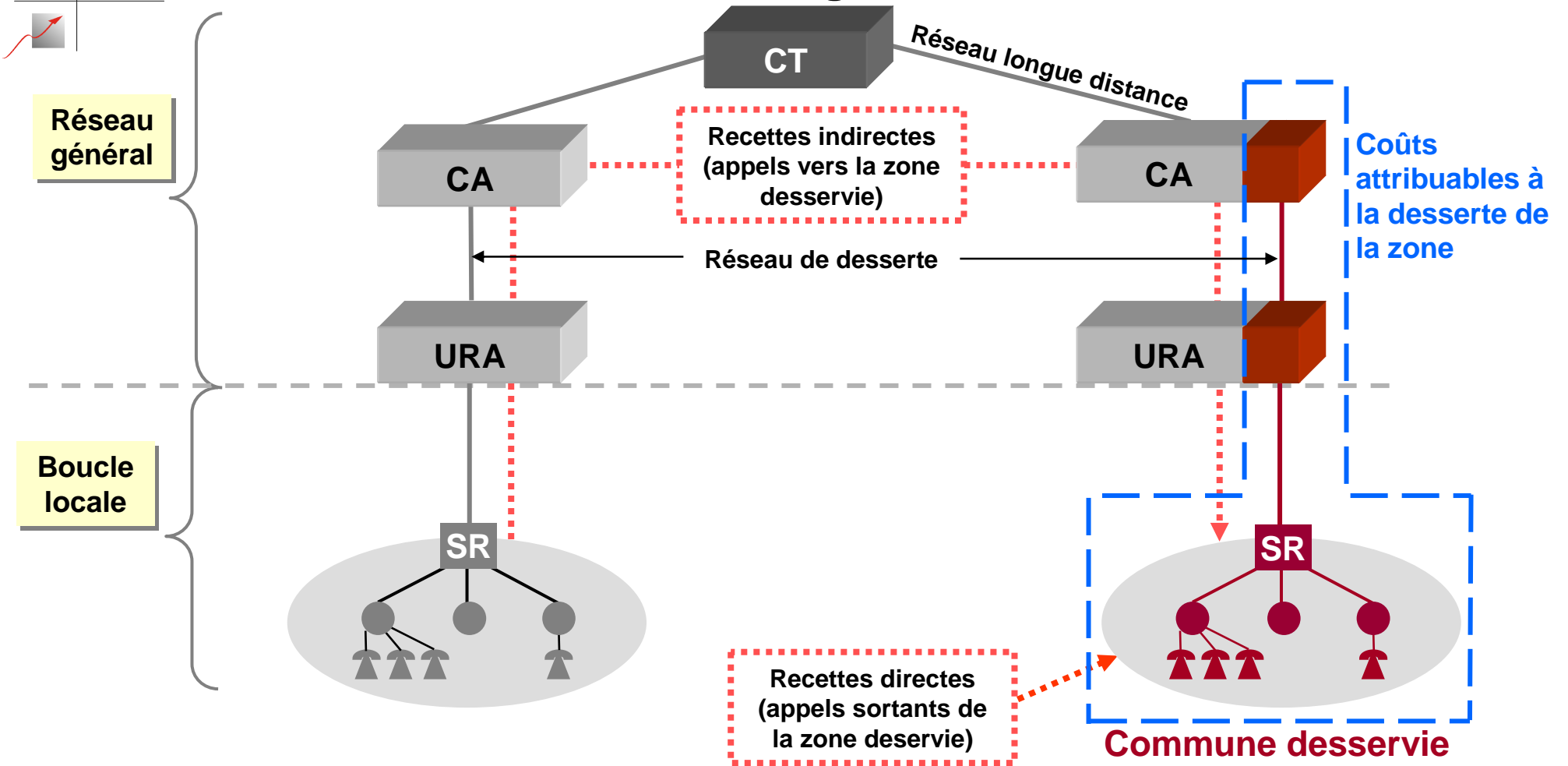
- Pour respecter au mieux la contrainte de non distorsion concurrentielle, la modélisation du coût du SU doit être :
 - si gain à la mutualisation des services hors périmètre, intégration des recettes et des coûts dans le calcul, sinon distorsion de concurrence ;
 - si perte à la mutualisation, pas d'intégration (décision propre de l'opérateur)

Méthode du coût net évitable



- **Définition** : Le coût évitable est la perte que supporterait effectivement l'opérateur s'il déconnectait les abonnés non rentables. Ces coûts ne constituent pas l'ensemble des coûts distribués, mais seulement les coûts attribuables à cette déconnexion.
- Imputer à un niveau de hiérarchie du réseau les seuls coûts qui lui sont totalement attribuables : ce sont les **coûts évités**.
- La part des coûts joints non-imputée est considérée comme inévitable, donc l'opérateur n'économise pas ces coûts s'il ne sert plus le client.
- La balance entre coûts et recettes détermine si la zone ou le client est de service universel.
- **Exemple schématique** : la plupart des frais de siège qui demeurent même si le nombre d'abonnés est orienté à la baisse
- **Avantage** : ne fait payer que le strict coût des abonnés non rentables
- **Inconvénient** :
 - ne permet pas nécessairement de recouvrir la totalité des investissements réalisés pour développer le réseau
 - inadapté lorsqu'il s'agit d'inciter au déploiement dans des zones non desservies

Identification des coûts et des recettes liés à la desserte d'une zone en technologie filaire



Coût net de la zone = coûts attribuables à la zone – recettes attribuables

CTN : Commutateur de Transit National
CA : Commutateur d'Abonné

URA : Unité de Raccordement des Abonnés
SR : Sous-répartiteur

4 étapes du calcul du coût de la composante géographique en technologie filaire

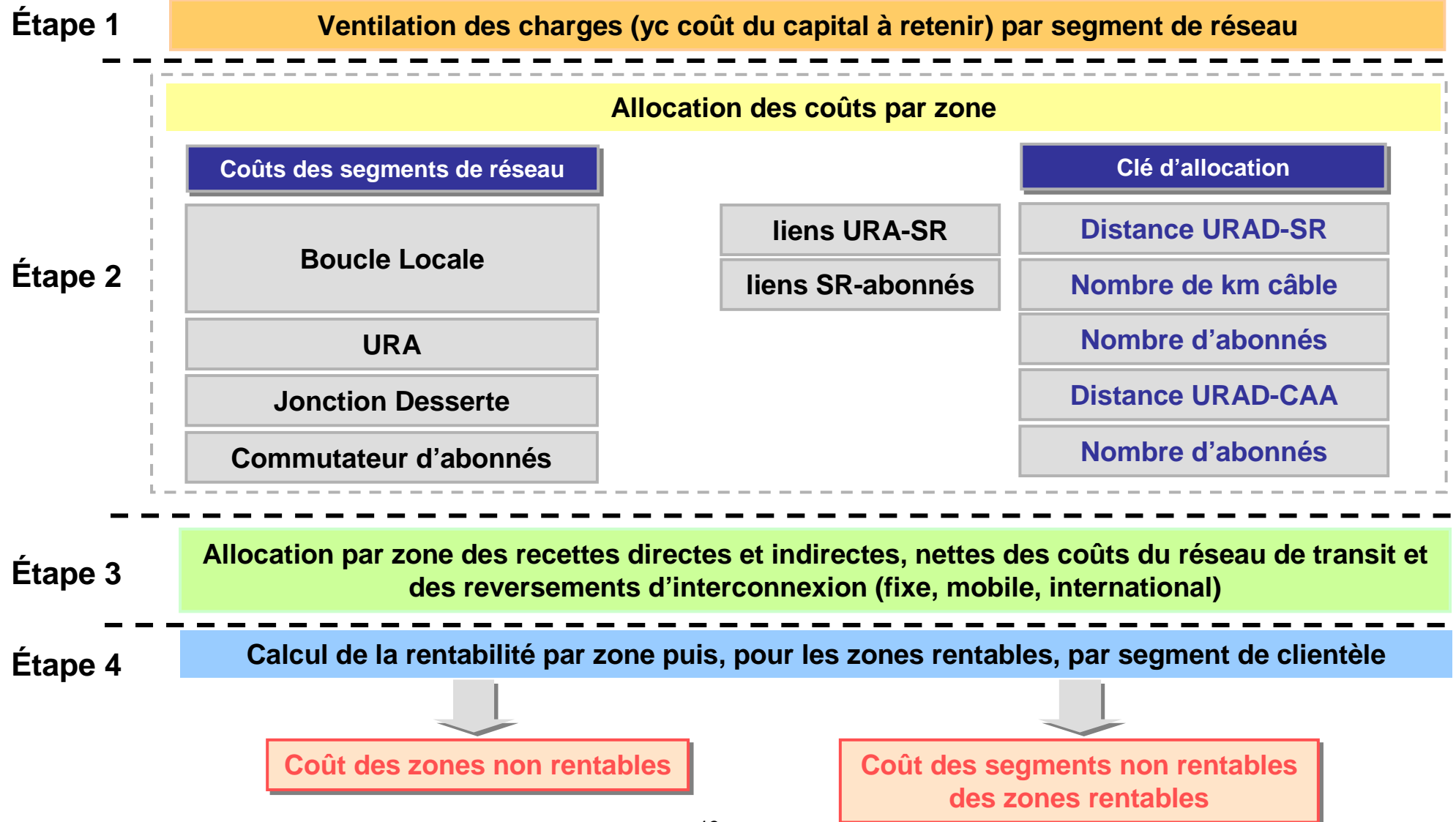


Photo satellite d'une aire rurale française « standard » : densité versus dispersion



Route

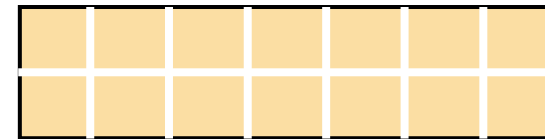
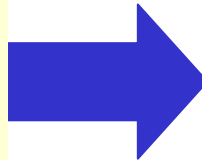
Zone d'habitat

Limite de
Commune

Modélisation d'une commune : le cas de Badevel (25490)



200 m
1000 ft



- La commune de Badevel a une superficie de 3.525 Km².
- La superficie de la zone d'habitat est de 0,262 Km².
- Le modèle la transforme en rectangle de dimensions 997 m x 269 m.

- La commune comporte 8,988 Km de route dont 2,591 Km sont estimés appartenir à la zone d'habitat. Elles sont réparties de la manière suivante dans le rectangle : une rue dans le sens de la longueur, et six dans le sens de la largeur.

Modélisation d'une commune : le cas de Badevel (25490)

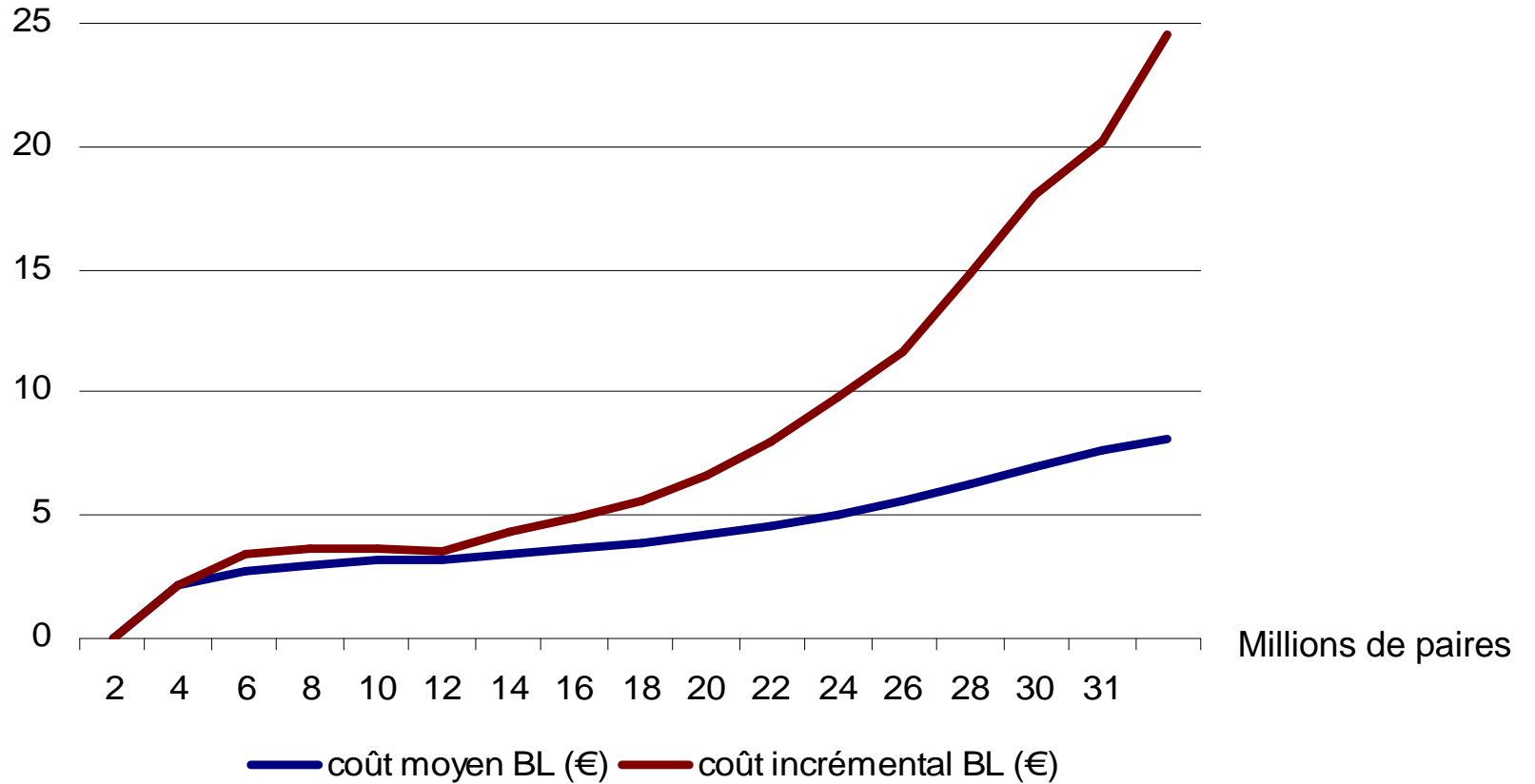


- La zone d'habitat de Badevel comporte 215 résidences individuelles et 48 adresses collectives réparties dans 17 immeubles d'habitat collectif. Les adresses correspondantes sont réparties le long des rues, ce qui donne une distance inter habitat moyenne de 13 m. Le modèle détermine ensuite le nombre de lignes en habitat isolé (21) leur distance moyenne à la zone d'habitat, puis déploie le réseau nécessaire.
- Le modèle calcule ensuite combien de sous niveaux de répartition il convient d'installer pour déployer la boucle locale au meilleur coût. Le modèle place le nombre d'équipements nécessaires pour déployer ce réseau et calcule la longueur et le type de câble requis : 42 points de concentration 7 paires, 14 points de concentration 50 paires et 1 sous répartiteur, ...
- Le modèle calcule enfin le coût de génie civil associé à ce déploiement, dans la zone d'habitat et dans les zones d'habitat isolé (arbitrage poteau versus enfouis).
- Le modèle relie le centre de Badevel (dont les coordonnées sont connues) à l'URA la plus proche, en l'occurrence celle de la commune de Fesches-le-Chatel. Le modèle calcule alors combien de lignes il doit remonter, sur quelle distance, avec quel type de génie civil et quel est le coût de cette liaison : ici un câble (enfoui) de 448 paires pour tenir compte des marges de sur-capacité.
- Le coût total annuel de la boucle locale de Badevel est de 43 k€ par an dont 31k€ pour le génie civil. Les OPEX représentent 7k€ par an.

Résultats d'une modélisation nationale : le coût moyen et incrémental de la boucle locale en France (paire de cuivre)

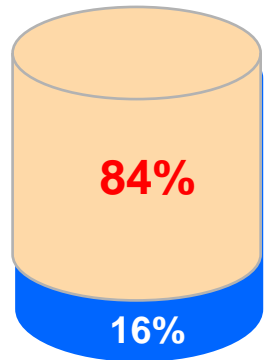


€/mois



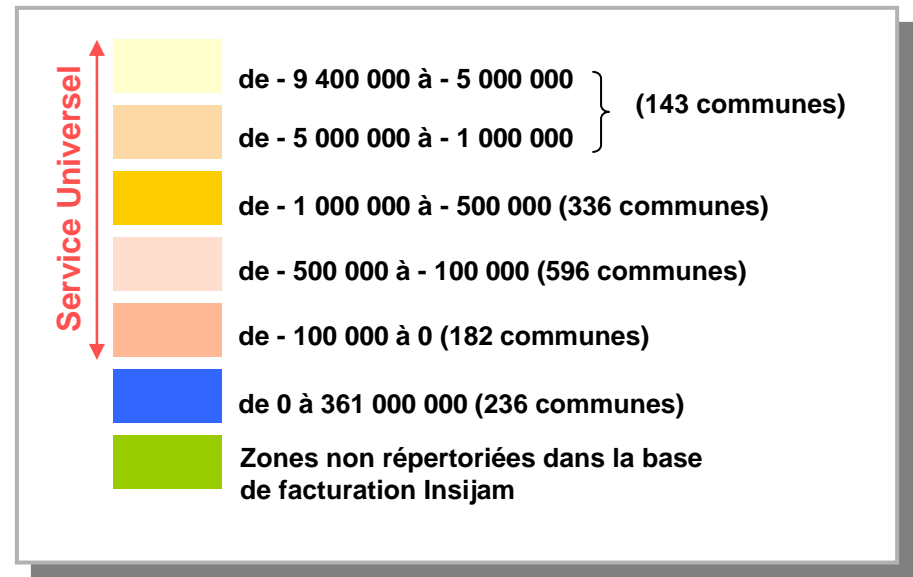
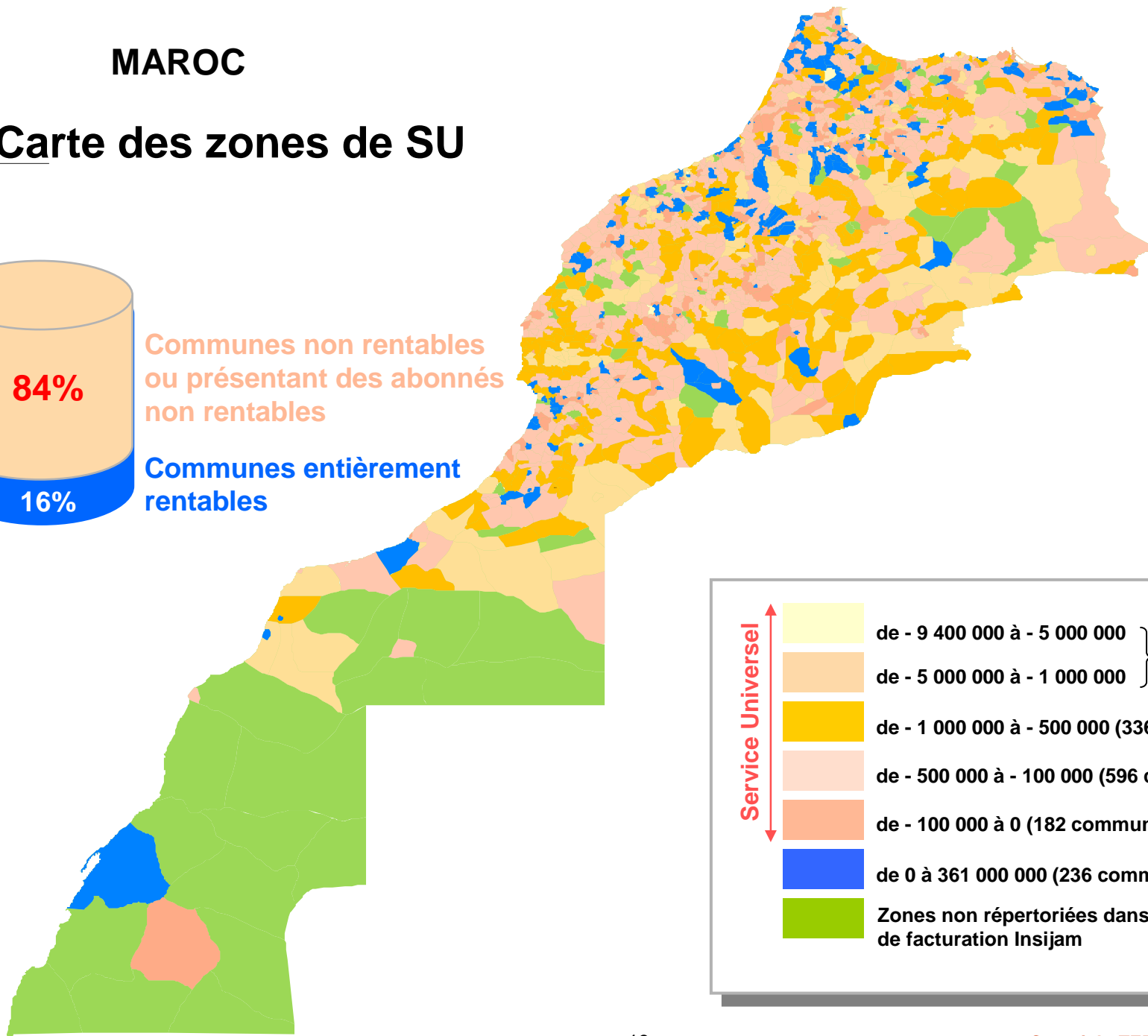
MAROC

Carte des zones de SU

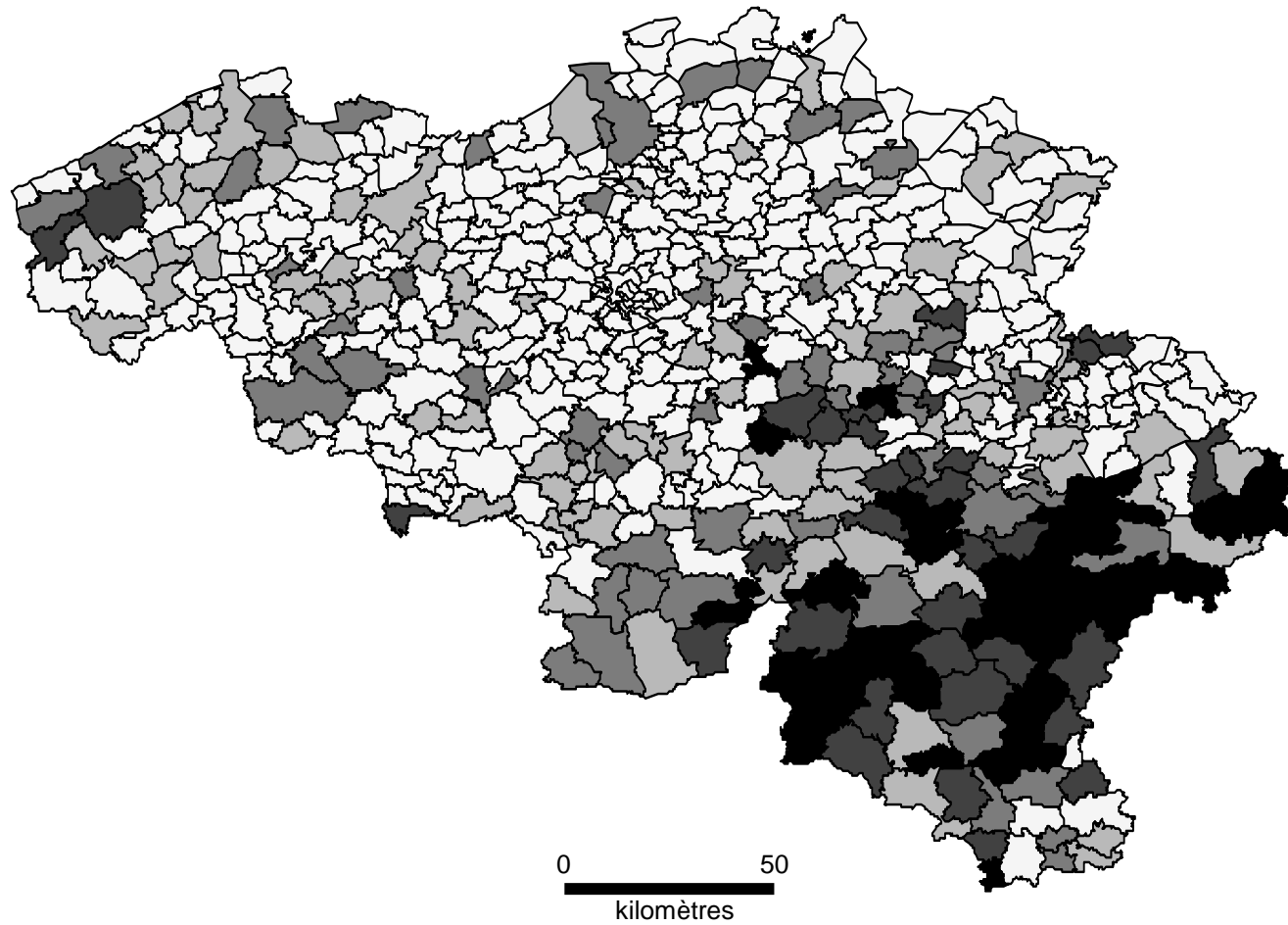


Communes non rentables
ou présentant des abonnés
non rentables

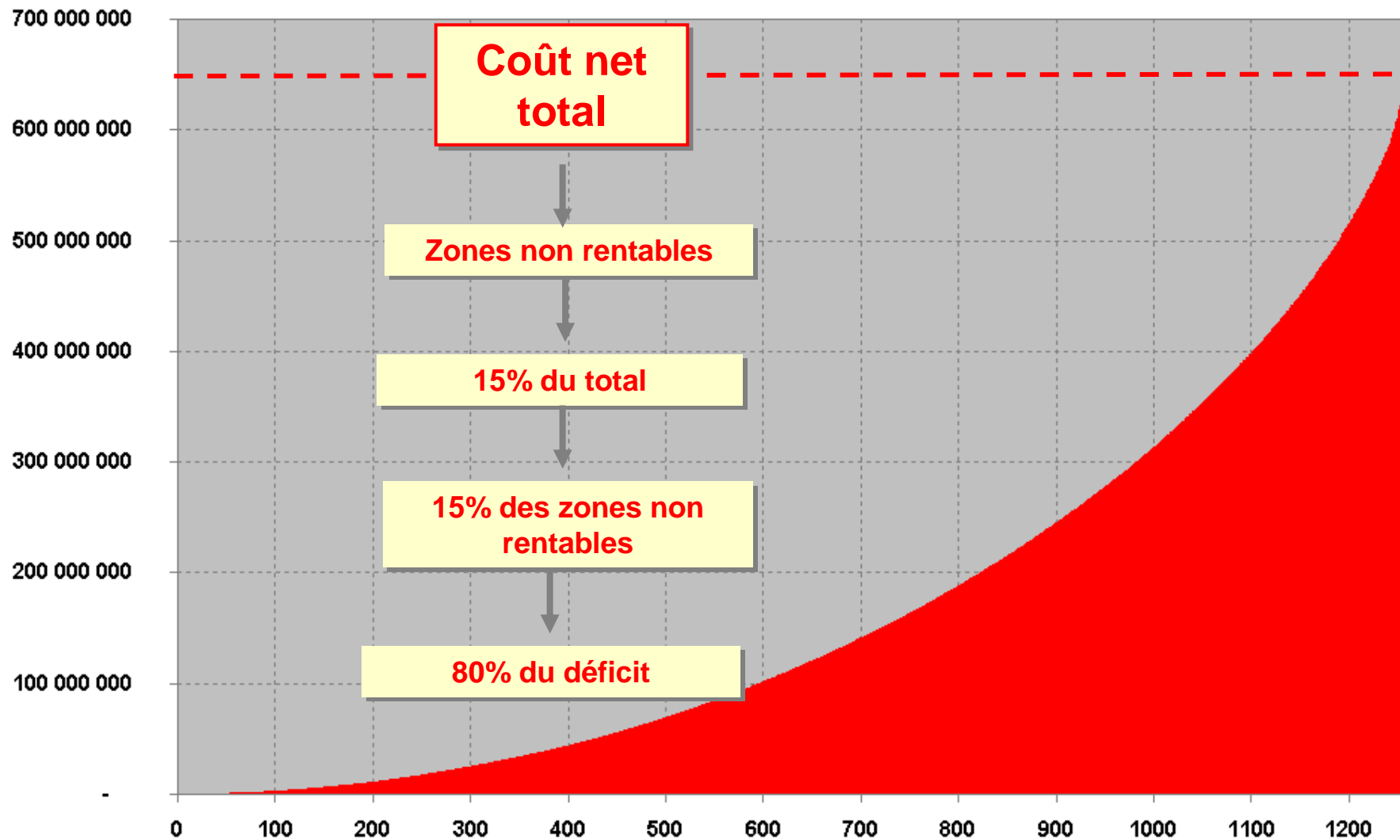
Communes entièrement
rentables



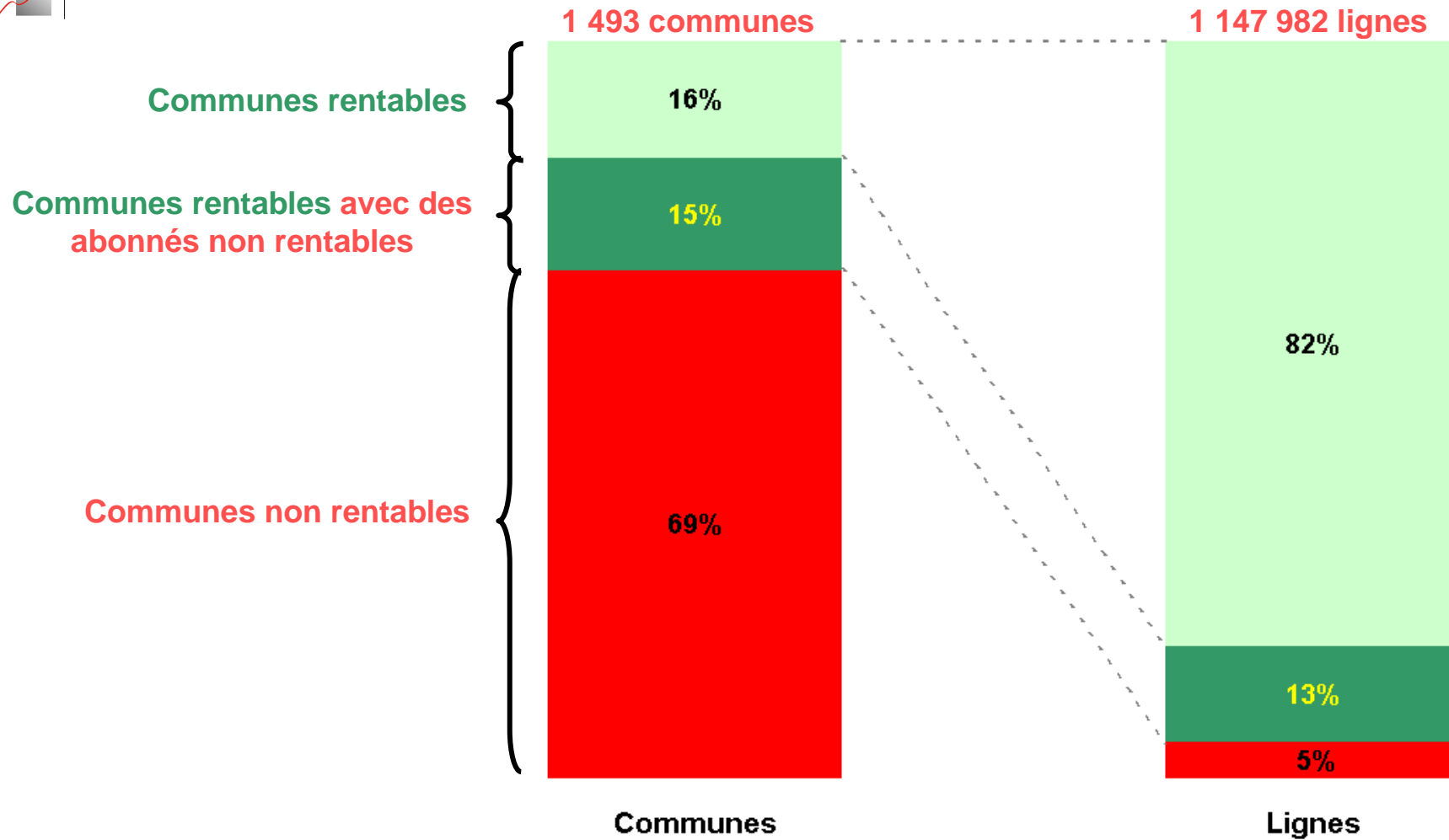
Les zones de service universel en Belgique



Le coût de la composante géographique est généralement très concentré : problème de la desserte marginale

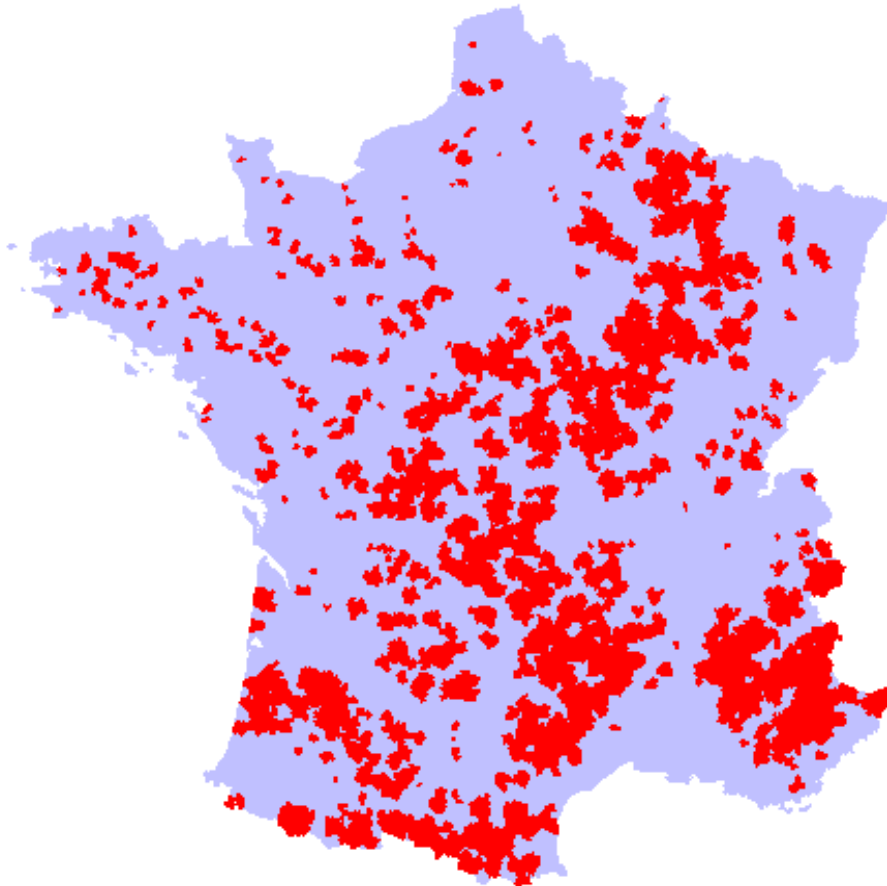


Le cas du Maroc



84% des communes, desservant seulement 18% des lignes, peuvent être considérées comme des zones de Service Universel pour MT.

L'impact des technologies radio sur le coût net du SU



Les zones rouges correspondent aux zones où l'accès radio (GSM fixe en 450MHz avec GPRS) est moins onéreux que l'accès cuivre (source : modèle SU V5.2 TERA Consultants)

- Au vu de la carte, un nombre important de ces zones doivent être des zones de service universel où couvrent des abonnés non rentables.

- L'économie de coût net du SU peut être significative (80 millions d'Euros sur la modélisation présentée)

- Deux conséquences :

Quelle utilisation des réseaux GSM en place ? Une logique de pay or play peut être envisageable dans certaines zones sans déploiement supplémentaire des réseaux (coût incrémental).

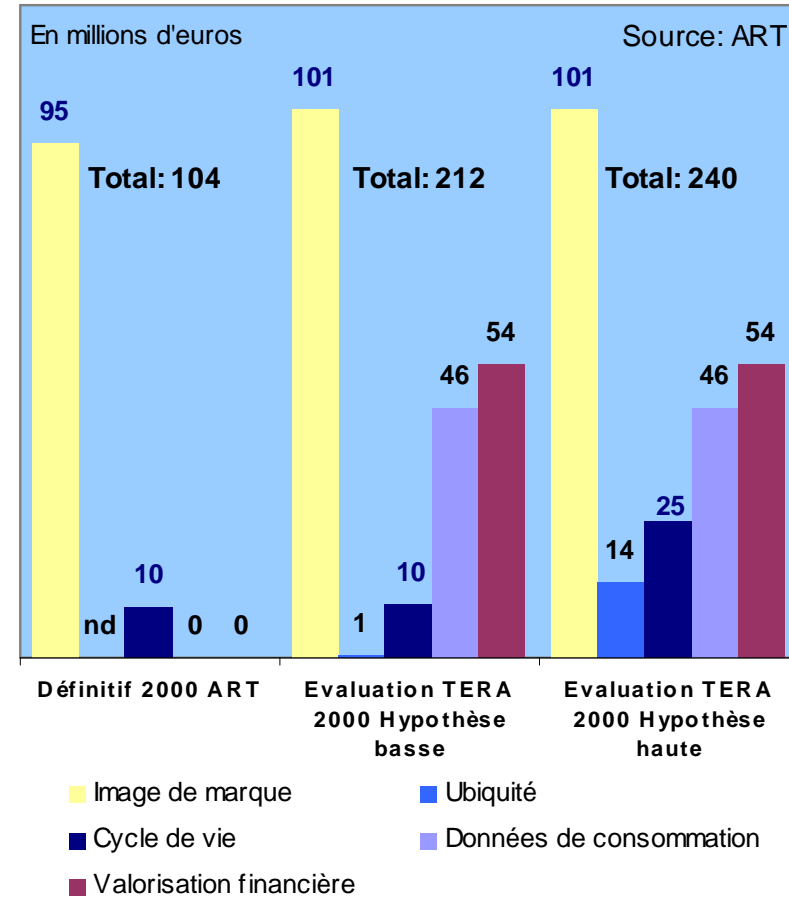
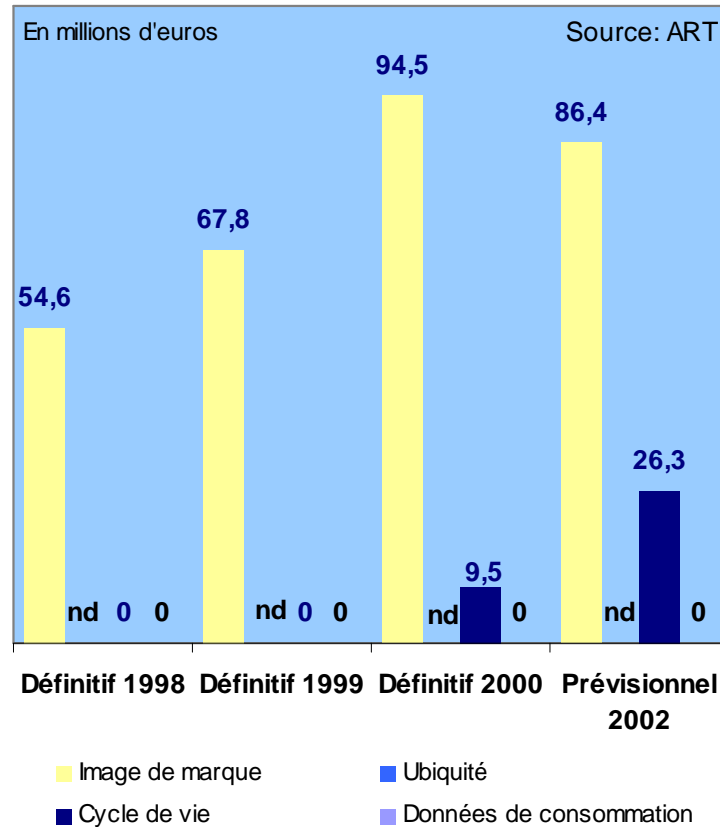
Quelle technologie préconisée pour des zones non couvertes par des réseaux ? La logique d'appel d'offre prend ici tout son sens

La question des bénéfices induits par la fourniture du service universel



- De plus en plus d'autorités nationales et internationales reconnaissent l'existence de ces bénéfices induits
- En Europe, un calcul juste du coût net du SU doit tenir compte des bénéfices induits (cf. directive 96/19, et la Communication du 27/11/96 de la CE sur ce critère d'évaluation du SU), dont les plus courants sont :
 - *Ubiquité* : Les nouveaux arrivants dans une région donnée font appel en priorité à l'opérateur historique sachant que celui-ci est présent partout alors qu'ils ne connaissent pas forcément les zones de service des concurrents
 - *Réputation de l'opérateur* : La réputation de l'opérateur en tant que fournisseur du SU lui permet de conserver ses clients et d'en gagner de nouveaux
 - *Marketing et renforcement de la marque*
 - Les abonnés savent qu'ils peuvent faire appel à l'opérateur où qu'ils se trouvent
 - Les logos de l'opérateur sont présents partout
 - *Cycle de vie des abonnés* : Les abonnés non profitables desservis choisiront en priorité l'opérateur lorsqu'ils deviendront profitables

Les avantages induits : une valorisation complexe...



Le total cumulé des avantages induits estimés par l'ART est de 104 millions d'euros
 Néanmoins, les estimation de TERA, pour l'année 2000, conduisent à des valeurs comprises entre 212 et 240 millions d'euros du fait de l'intégration des avantages liés aux données de consommation et aux «avantages financiers»

Les dispositifs de mise en concurrence pour les zones déjà desservies : une aide à la révélation de l'information



- **Deux catégories d'opérateur de SU** : l'opérateur de SU en dernier ressort (opérateur historique ou désigné) et prévoir une catégorie d'opérateurs éligibles à une fourniture «partielle» du SU qui peuvent offrir le service universel localement (composante géographique, cabines, etc.) ou sur l'une des composantes du service universel (possible déjà pour la composante sociale). L'opérateur en dernier ressort assume donc un coût de cette position qu'il conviendra d'évaluer (ex: Australie= 73,5 euros par abonné perdu)
- **Définition des zones de SU pour le calcul de la composante géographique**
 - ✓ A discrétion de l'opérateur ou imposée dans un scénario appel d'offres ?
 - ✓ Distinguer la logique d'accès et celle de service (double découpage et double niveau de compensation ?)
- **Neutralité technologique :**
 - ✓ Le SU doit être agnostique sur la technologie du réseau à qualité de service identique
 - ✓ Le SU ne doit pas favoriser un réseau au détriment d'un autre si les réseaux sont en concurrence sur le marché des services
- **Transparence une exigence et une nécessité**
 - ✓ Connaissance publique des zones de service universel, des cabines de service universel, du coût net estimé pour chaque composante (excédent sur les annuaires) supportés et des contributions versées par les contributeurs.
 - ✓ Modèle de coût : la CJCE précise : « ...les opérateurs contributeurs sont en droit de demander une transparence totale sur le modèle utilisé pour ces évaluations. ». Connaissance des modèles de calcul du coût net, au minimum modèle blanc

Les appels d'offres pour les nouvelles zones à desservir : mode d'organisation possible



- **Au préalable, on pose comme hypothèse qu'un appel d'offres ne s'envisage que pour des zones de SU (ni trop grandes ni trop petites) et non sur tout le territoire national, sinon seul l'opérateur historique serait à même de participer et de gagner (Australie)**

- **Pré requis à tout système d'appel d'offres :**
 - **Énoncer des principes généraux, identiques pour tous les candidats (transparence, non discrimination).**
 - **Bien définir l'objet mis aux enchères, les obligations liées, la durée du contrat, etc.**
 - **Assurer la crédibilité du dispositif ne pas renégocier bilatéralement ex post la subvention ou les contraintes définies dans l'appel d'offre**

- **Revue des procédures cas où plusieurs zones sont mises en appel d'offres :**
 - **offres simultanées : enchérissement sur tous les lots (zones) en même temps ou séquentielles (appel d'offres sur les zones une par une).**
 - **Procédure à un tour ou à plusieurs tours.**
 - **Procédures combinatoires : les candidats peuvent enchérir pour un ensemble de zones qu'ils sélectionnent eux-même. Au final, chacun enchérit sur des lots a priori différents.**

La mise en concurrence : les limites



- **La question de la zone pertinente** : elle doit correspondre à une zone dont la taille est économiquement viable en terme d'exploitation et de commercialisation et non seulement à une zone économiquement viable en terme de déploiement incrémental. Le zonage n'est pas neutre sur les choix techniques (radio versus filaire)
- **La question du transfert de propriété de l'actif si nécessaire** : audit technique préalable, la question de la reprise du personnel automatique (a priori juridiquement transférable) ou à discrétion du repreneur
- **La non tenue des engagements** : l'appel d'offres n'est efficace que si le régulateur est crédible et s'engage à ne pas renégocier, sinon, un opérateur peut enchérir et obtenir le marché, puis renégocier sa subvention. Il existe un risque que l'appel d'offres mène à une subvention que l'opérateur estime ex-post comme trop faible et menace d'arrêter le service. Le régulateur sera tenté de renégocier la subvention car son objectif consiste à ce que tous les abonnés continuent d'être servis. Le problème de crédibilité est particulièrement crucial dans le cas du SU. Les obligations et pénalités associées inscrites dans le contrat de SU doivent être suffisamment claires et incitatives pour empêcher ce type de renégociation. Par exemple : le contrat dure x années sauf si l'opérateur demande une subvention plus forte, auquel cas les enchères sont réorganisées.
 - ➔ Nécessité d'éliminer les mauvais candidats ex ante (définition de l'opérateur éligible)
 - ➔ Nécessité de mutualiser les risque d'insolvabilité (fonds d'assurance ?) ou de dédommager l'opérateur en dernier ressort (Australie).
- **Le contrôle de la qualité du service est une variable critique** : l'opérateur qui emporte l'appel d'offres peut dégrader la qualité pour être compétitif en coût, le régulateur doit donc établir un contrôle strict de qualité par des protocoles non contestables et validés ex-ante.

Etats-Unis : une politique proactive de SU



● Quatre type de programmes de SU sont en vigueur :

- **L'aide aux zones à coût élevé** : la FCC se fonde depuis 2000 sur le modèle HPCM pour estimer les coûts de LT de fourniture du SU par zone. Une zone est non rentable dès lors que son coût moyen dépasse d'une certaine proportion (115%) le coût moyen fédéral calculé par le modèle.
- **L'aide aux faibles revenus** : lifeline (réduction sur les factures téléphoniques des abonnés faibles revenus) et link up (réduction des coûts d'installation du téléphone pour les personnes à faible revenu).
- **L'aide aux écoles et bibliothèques pour le raccordement à Internet depuis 1996** : les fournisseurs sont choisis sur la base d'un mécanisme d'appel d'offres.
- **L'aide aux centres de santé en zone rurale depuis 1996** : subvention de services de télécommunications jusqu'à 1,5 Megabits nécessaires aux centres de soins et de santé.

● **Les Commissions d'État (PUC) définissent les opérateurs de SU sur chaque zone ainsi que le périmètre des zones. Les opérateurs éligibles perçoivent les fonds du SU en contrepartie de la fourniture des prestations de SU sur les zones désignées (calcul à la ligne). Un opérateur alternatif de boucle locale (CLEC) qui reprend des lignes téléphoniques de SU de l'opérateur en place (ILEC soumis à l'obligation de location ou de revente des lignes) perçoit alors la subvention de l'opérateur en place (mise en concurrence ligne à ligne).**

● **Le financement s'effectue au niveau fédéral par un fonds géré par un organisme opéré directement par les opérateurs (USAC qui est une sorte de «GIE»).**

● **La transparence du système est extrême : les Etats-Unis mettent à disposition en ligne l'ensemble du modèle (site FCC), les calculs de coût du service universel zone par zone sur l'ensemble du territoire américain, les contributions pouvant être perçus par les CLECs, etc.**

Etats-Unis : un système en évolution permanente 2/2



- Les contributeurs au fonds de service universel paient un pourcentage, défini trimestriellement, des revenus facturés interstate et international. Ce pourcentage est actuellement de 7,28%. Il apparaît explicitement sur les factures des abonnés (FCC Charges ou FUS charges). En 2000, 63% du fonds était abondé par les opérateurs longue distance, le solde venant des mobiles et des LEC (local exchange carriers). Le montant total du SU 2001 dépasse 5 milliards d'Euros.
- Les nouveaux services de SU instaurés depuis 1996, Internet dans les écoles et les accès haut débit pour les centres de soins ruraux comptent déjà pour plus de 2 milliards d'euros/an dans le total du SU (40%) et croît rapidement.
- Or, les ISP ne contribuent pas en raison de la distinction local/LD héritée du MFJ de 1984. Cette séparation est remise en cause. Une contribution globale assise sur l'abonnement est désormais instaurée dans certains Etats (Illinois par exemple). Ce système pourrait se généraliser et impliquer que le périmètre des contributeurs et les clé et l'assiette soient révisées pour assurer une contribution élargis de tous les acteurs : opérateurs, locaux, FAI, voire câblo-opérateurs qui assurent la majorité de l'accès haut débit aux Etats-Unis.

Australie : fortes subventions pour l'opérateur historique dans les zones désertiques, essai de mise en concurrence de l'opérateur historique dans les zones classiques (1/2)

• L'Australie et la Nouvelle-Zélande ont été les premiers pays à mettre en oeuvre la méthode du coût net évitable. Jusqu'en juillet 2001, Telstra était fournisseur exclusif de SU et percevait une subvention abondée par un fonds sectoriel.

• Depuis, le territoire a été divisé en zones désertiques (80% du territoire et densité de population de 0,5 hab/km²) et en zones classiques. Sur les premières, une subvention publique ponctuelle a été mise aux enchères et récupérée par Telstra (seul candidat) qui continue de fournir le SU et à recevoir les subventions sur ces zones. Sur les zones classiques, deux zones pilotes ont été créées. Les consommateurs relevant du SU (lignes déficitaires) peuvent choisir leur opérateur. L'opérateur choisi reçoit alors la subvention. Telstra reste l'opérateur de SU en dernier ressort. Partout ailleurs, Telstra reste fournisseur exclusif de SU.

• Les subventions sont évaluées à l'avance, sur la base d'un coût par ligne, grâce à un modèle de LT calculant les coûts évitables liés au SU.

• **Cas des zones pilotes** : dans ces zones Telstra devient PUSP (Principal Universal Service Provider) et sert quiconque le lui demande. Dans ces zones, Telstra subit la concurrence des CUSO (Concurrent Universal Service Operators) qui peuvent, mais n'y sont pas obligés, servir des abonnés des zones non rentables et percevoir alors la subvention correspondante. La subvention est évaluée par ligne (mécanisme identique aux USA). Selon l'ACA, Telstra subit un coût asymétrique car il continue d'entretenir et de déployer son réseau pour pouvoir servir à tout moment tous les abonnés d'une zone alors qu'ils peuvent opter pour des opérateurs concurrents. Telstra est dédommagé et percevoit une prime par abonné perdu de 73,5 €.

Australie : fortes subventions pour l'opérateur historique dans les zones désertiques, essai de mise en concurrence des opérateurs dans les zones classiques (2/2)



- ✓ Pour évaluer le coût du SU, l'ACA se fonde sur un modèle coût «forward looking», utilisant la meilleure technologie disponible (alternative GSM, satellite et cuivre). Il s'agit d'un modèle reposant sur les mêmes fondamentaux technico-économiques que le HPCM de la FCC.
- ✓ Les zones pouvant présenter des pertes sont définies à partir de 2 critères : une densité de SIO (services in opération=nombre d'abonnés) < 100 habitants par km² et les consommateurs servis par une technologie radio.
- ✓ Les opérateurs mobiles sans licence (MVNO) et les opérateurs possédant une licence (mobiles et fixes) contribuent au financement du SU proportionnellement au revenu «éligible» calculé par l'ACA. Ce revenu est le revenu total des services de télécommunications moins la part de ce revenu réalisé à l'étranger, moins les revenus liés à une vente de contenu.
- ✓ Pour l'année 2000-2001, le coût total du SU était évalué à 298 millions de \$ australiens. Telstra a contribué pour l'année 2000-2001 pour 76% de ce coût (soit 229 millions).

Allemagne : un mécanisme d'appel d'offre en suspens qui conduit DT à fournir le SU sans compensation



- DT, opérateur dominant, est opérateur en dernier ressort pour toutes les composantes du SU. DT a fourni le SU sans aucune contrepartie financière jusqu'à présent. Le SU allemand comprend les services de voix commutée sur réseaux numériques (RNIS) et la fourniture des liaisons louées.
- Pour percevoir une contrepartie financière, DT doit prouver un déficit pour la fourniture du service concerné, par exemple pour la desserte d'une zone particulière (le concept de zone n'est pas défini a priori). Si l'autorité de régulation (Reg TP) entérine le calcul de DT (CMILT), elle lance un appel d'offres auquel ne participe pas DT et révèle l'information concernant les conditions d'exploitation de la zone par DT.
- Les modalités de l'appel d'offres restent à préciser : elles doivent être « objectives et non discriminatoires ». L'opérateur désigné est celui qui demande la moindre subvention, il exploite alors le service en lieu et place de DT qui cède les actifs concernés pour l'euro symbolique. En cas d'appel d'offre infructueux, DT poursuit l'exploitation du service en percevant la subvention initiale demandée.
- Le prix abordable pour les services de SU est défini comme au maximum égal au prix moyenné au 31/12/97 des services de téléphonie pour les ménages situés hors d'une ville de plus de 100 000 habitants (légère déperéquation possible). Ce prix doit correspondre à la qualité de service constatée au 31/12/97. Le prix abordable de tous les services du SU (annuaires, LL...) est fondé sur le coût incrémental de LT de fourniture des services+proportion pertinente de coûts fixes communs incluant un taux normal de retour sur investissement).

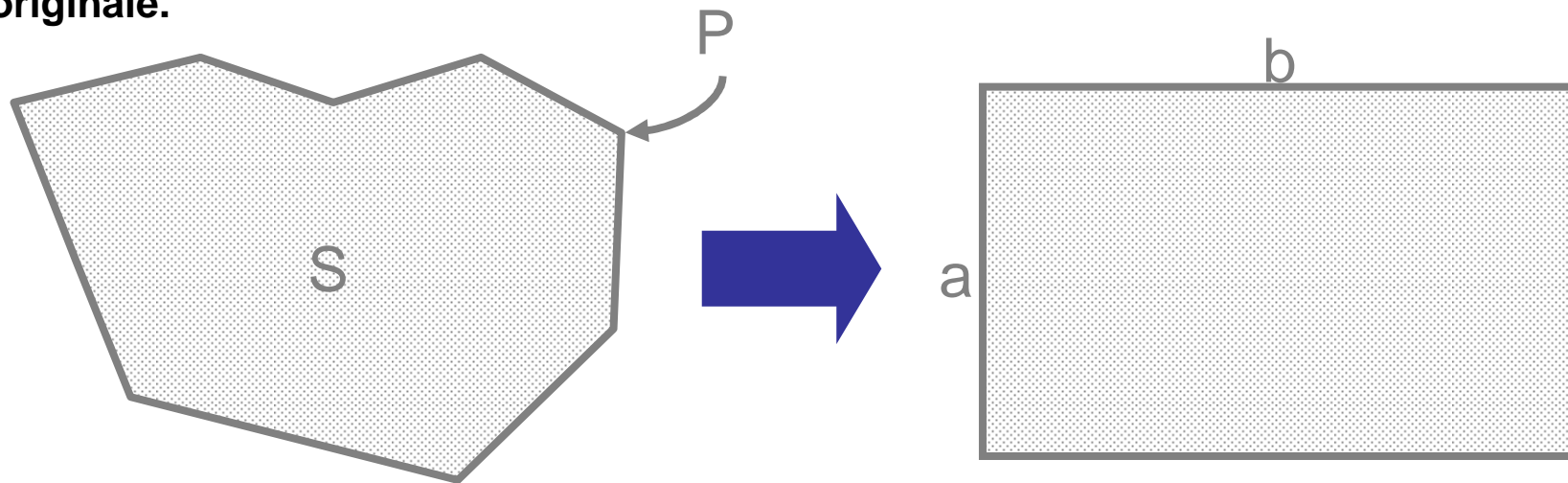
Annexe : modélisation de la boucle locale



Modélisation géométrique des zones d'habitat



- Rappel : une zone d'habitat est une concaténation de zones contiguës occupées par des activités (habitations ou entreprises).
- Chaque zone d'habitat est modélisée par un rectangle de même surface et périmètre afin de conserver les caractéristiques globales de la zone d'habitat originale.

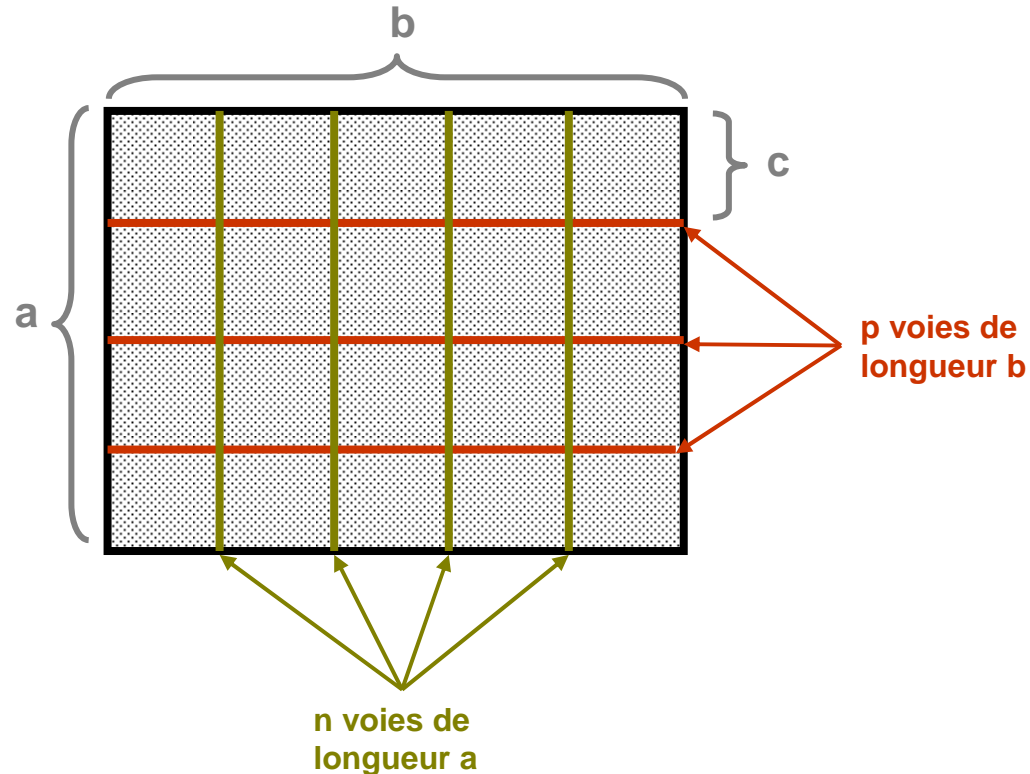


- Pour obtenir les dimensions du rectangle a et b en fonction des surfaces et périmètres de la zone, il suffit de résoudre les équations $P=2(a+b)$ et $S=a*b$.
- Cette simplification permet de faire des calculs plus simple sans perte de précision importante puisque les surfaces et périmètres sont conservés.
- Cette modélisation ne modifie en rien le raccordement des zones d'habitat au centre de la commune puis à l'URA.

Modélisation des voies au sein de la zone d'habitat



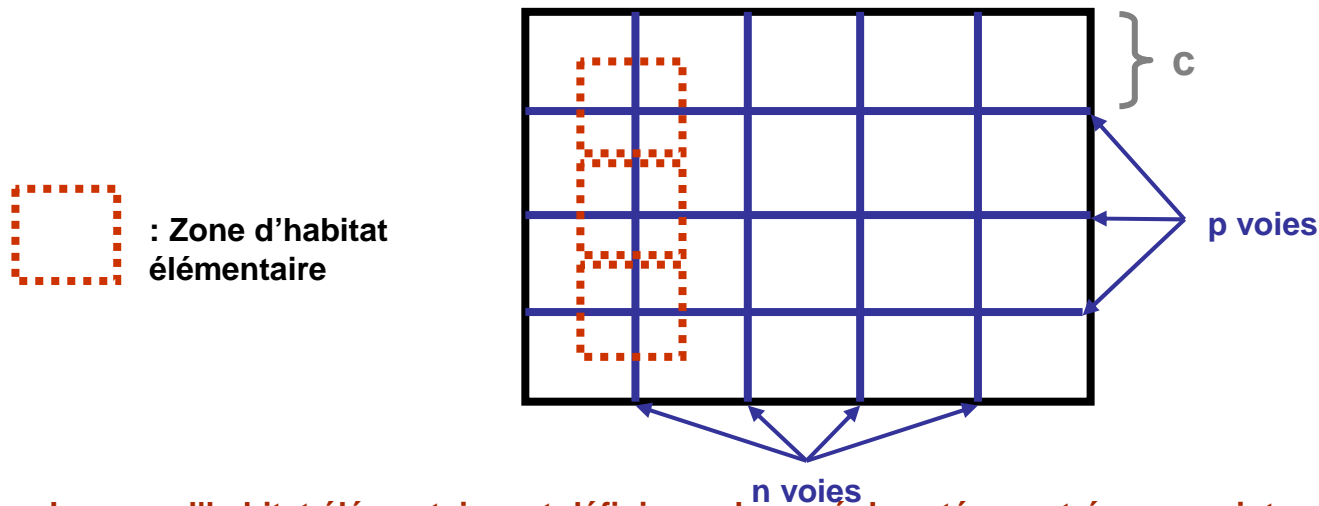
- La longueur de rue est déduite des données communales de longueurs et les types de routes (Principales, dessertes, primaires, secondaires, tertiaires) de routes dans et hors des zones d'habitat (le terme de rue désigne les routes situées à l'intérieur de zones d'habitat) (source Gécible).
- En supposant que la zone d'habitat est pavée de blocs carrés, il est possible de déduire le nombre de voies selon chaque axe ainsi que la longueur séparant deux voies :



Définition et description de la zone d'habitat élémentaire



- La zone d'habitat est maintenant composée :
 - d'un quadrillage de $n * p$ voies avec une distance inter-voies c
 - d'adresses disposant en moyenne de M paires de cuivre utilisées
 - d'une disposition équirépartie des adresses le long des voies avec une distance inter-adresses d .

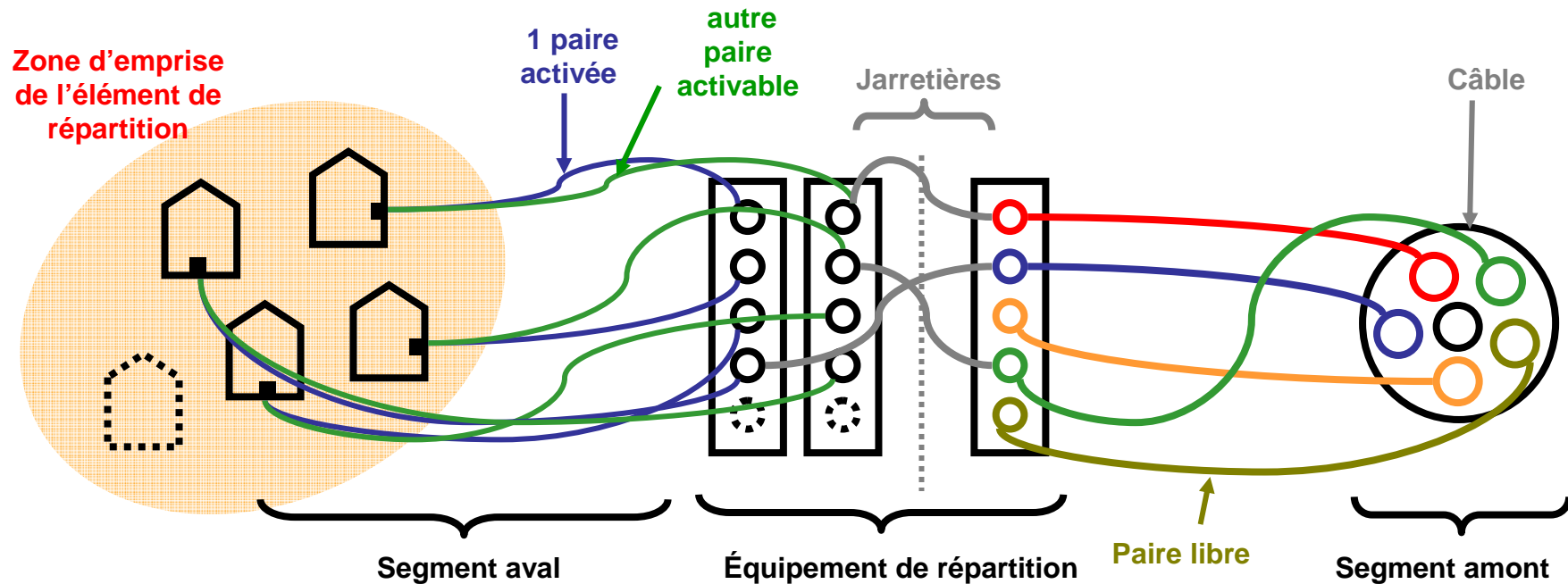


- La zone d'habitat élémentaire est définie par le carré de côté c centré sur une intersection entre une voie verticale et une voie horizontale.
- Cette subdivision est l'unité élémentaire d'habitat, à l'intérieur de laquelle la boucle locale est déployée. Les zones d'habitat élémentaire sont toutes identiques au sein d'une zone d'habitat, c'est une source de simplification pour les calculs ultérieurs.
 - Le nombre d'adresses au sein de cette zone élémentaire est égale au nombre d'adresses sur une longueur $2 * c$ de voies.
 - La distance inter adresses étant égale à d , la zone d'habitat élémentaire contient $[2*c / d]$ adresses comprenant chacune M paires de cuivre utilisées.
 - Les fractions de zones élémentaires en périphérie de la zone d'habitat on été traitées comme des zones de taille inférieure.

Modélisation des équipements de répartition : constat sur le terrain



- Dans un réseau de boucle locale en fonctionnement, la capacité nominale des équipements de répartition n'est pas complètement utilisée. Pour un équipement de répartition de N paires de cuivre en entrée et N paires de cuivre en sortie :
 - moins de N liens sont jarrettiés à l'intérieur de l'équipement (correspond aux lignes réellement activées),
 - le nombre de paires de cuivre arrivant au répartiteur par l'aval est supérieur au nombre de paires de cuivre partant de l'équipement de répartition/concentration vers l'amont. Au niveau des habitations, le réseau de rance Telecom déploie deux paires par ligne.



Modélisation de la répartition 1/4

Principe



- **Le dimensionnement des équipements de répartition répond aux mêmes problématique que le dimensionnement des circuits dans la partie active des réseaux de télécommunications :**
 - *La demande est ici le nombre de paires de cuivre nécessaires pour desservir les abonnés de la zone arrière du répartiteur,*
 - Cette demande doit faire l'objet d'une estimation de croissance potentielle sur une période beaucoup plus longue que pour les réseaux actifs : il est en effet plus coûteux en argent et en délai d'agrandir un bâtiment de répartition que d'ajouter de nouveaux équipements de transmission sur un lien amont.
 - *La notion de blocage se traduit dans ce contexte par le risque de devoir refuser/différer le raccordement d'un abonné faute d'avoir des capacités suffisantes sur l'équipement de répartition; Ce blocage peut se produire à cause de la croissance sur la zone arrière mais aussi suite à un mauvais enchaînement d'activations/résiliations suite à des déménagements sur la zone.*

Modélisation de la répartition 2/4

Principe



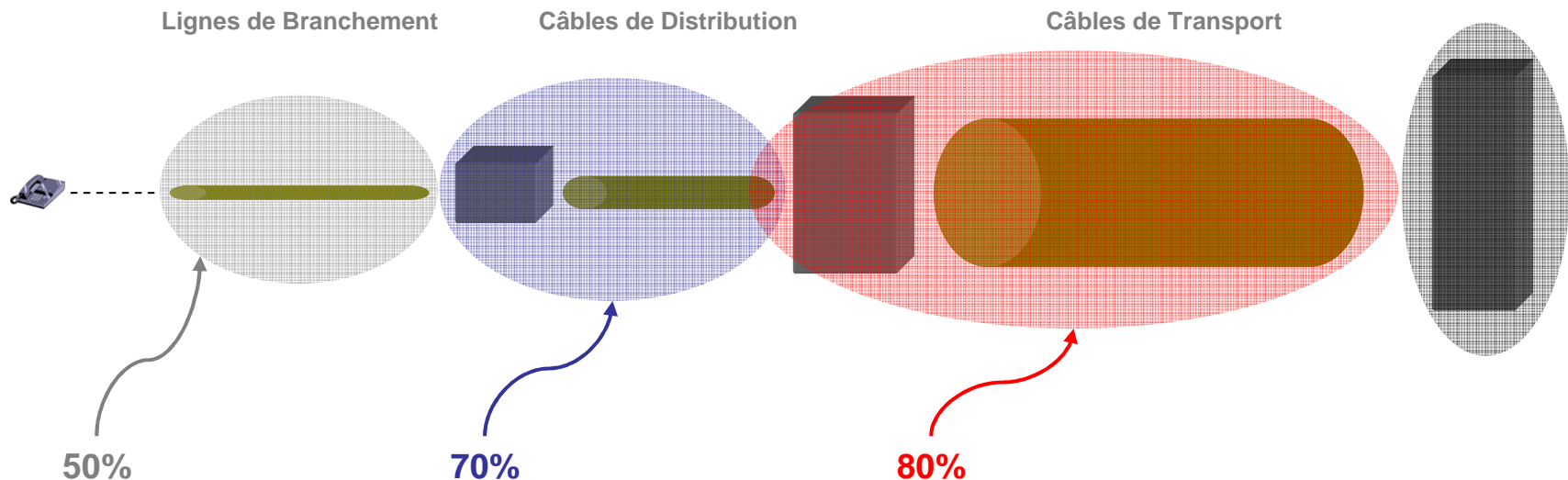
- **La problématique du dimensionnement est donc particulièrement prégnante pour les liens en paire de cuivre. Si on poursuit l'analogie avec la partie active d'un réseau de télécommunications, un blocage se concrétise dans le cas de la boucle locale par le risque d'avoir à ouvrir et agrandir la tranchée pour desservir un abonné supplémentaire.**
 - *Comme la taille des liens câbles en aval de l'équipement de répartition/concentration est plus petite que la taille de ceux en amont de l'équipement de répartition/concentration, l'application des principes de la loi d'Erlang montre qu'il faut un sur-dimensionnement plus important en aval qu'en amont pour conserver une même probabilité de blocage.*
 - *Les équipements de répartition/concentration ont donc en moyenne un nombre plus important de liens arrivant du côté de l'aval que de l'amont.*

Modélisation de la répartition 3/4

Valeurs des marges utilisées



- Pour chaque niveau de répartition on tient compte de la problématique précédemment évoquée en définissant un taux d'utilisation variant de 50 à 80% en fonction de la position de l'équipement de répartition ou du câble dans le réseau. Ce pourcentage prend en compte :
 - le phénomène de croissance potentielle de la demande sur zone,
 - la marge nécessaire à la gestion des abonnements/désabonnements.
- Le but de la modélisation est de se rapprocher d'un schéma de ce type :



Modélisation de la répartition 4/4

Dimensionnement des câbles



- **Le modèle détermine pour chaque zone d'habitat élémentaire un certain nombre de niveaux d'équipements de répartition à intercaler pour relier les habitations au centre de la zone d'habitat élémentaire, et fait la même chose pour chaque zone d'habitat.**
 - *A chaque niveau de répartition est affecté une variable level (entre un et trois) selon sa position plus ou moins en amont dans le réseau. A chaque niveau correspond un taux de remplissage TxR (inférieur à 1).*
 - *Le choix du câble pour relier N paires actives au niveau L se fait de la manière suivante.*
 - Détermination du nombre NP de paires à provisionner : $NP = N / TxR$
 - Choix du câble : on prend le câble le premier câble contenant plus de NP paires.
 - *Par exemple, pour relier 70 paires actives au niveau 2 (taux de remplissage de 0,7):*
 - Il faut provisionner 100 paires de cuivre.
 - On choisit un câble de 112 paires.
 - *On choisit les équipements de répartition : il faut brancher les 100 paires de cuivre provisionnées : on choisit 2 équipements de répartition de 50 paires.*

Principes



- **Le modèle procède en deux temps :**

1. *la minimisation du coût des câbles en cuivre et des équipements de répartition associés,*

- Dans un premier temps, l'algorithme cherche à raccorder de manière optimisée les habitations de la zones d'habitat élémentaire au centre de ladite zone où se trouve toujours un élément de répartition dans le modèle. Il détermine pour cela le nombre de niveaux de répartition internes à la zone d'habitat élémentaire qui minimise le coût de l'ensemble câble + éléments de répartition (jusqu'à 2 sous-niveaux) .
- Dans un deuxième temps, l'algorithme procède de manière analogue, mais pour relier les centres des zones d'habitat élémentaire au centre de la zone d'habitat où se trouve toujours un équipement de répartition (Il est donc possible d'insérer 4 sous-niveaux au total).
- Enfin, si la zone d'habitat considérée ne comporte pas d'URA,
 - Soit ce n'est pas la zone d'habitat principal de la commune, auquel cas elle sera reliée au centre de la commune,
 - Soit c'est la zone d'habitat principale, et elle est reliée à l'URA la plus proche (déterminée lors de la phase de placement des URA.
- Dans les communes multi-URA (N URA), en l'absence d'information sur le nombre de lignes desservies par chaque URA, l'hypothèse d'équirépartition a été adoptée : La commune est découpée en N zones d'habitat égales, chacune des N URA desservant une zone d'habitat. Ainsi, Paris serait divisée en 37 zones d'habitat contenant 46 972 paires de cuivre.

Principes (suite)



- **Le modèle procède en deux temps (suite) :**

2. la minimisation du génie civil supportant ces liens en câbles de cuivre (tranchées ou poteaux).

- Ce n'est qu'une fois que les équipements de répartitions et les quantités de câbles auront été déterminés qu'il sera possible de savoir comment et où les placer : il faudra déterminer des trajets permettant de minimiser la longueur de génie civil.
 - Une fois les trajets établis, le génie civil sera choisi en préférant les poteaux lorsque cela est possible (câbles de moins de 112 paires), pour des raisons de coût. Dans les agglomérations, c'est pratiquement toujours la tranchée qui est choisie.
- **Les slides de cette partie décrivent le raccordement optimisé des adresses.**
 - **La partie suivante décrit le principe de construction des coûts du génie civil.**

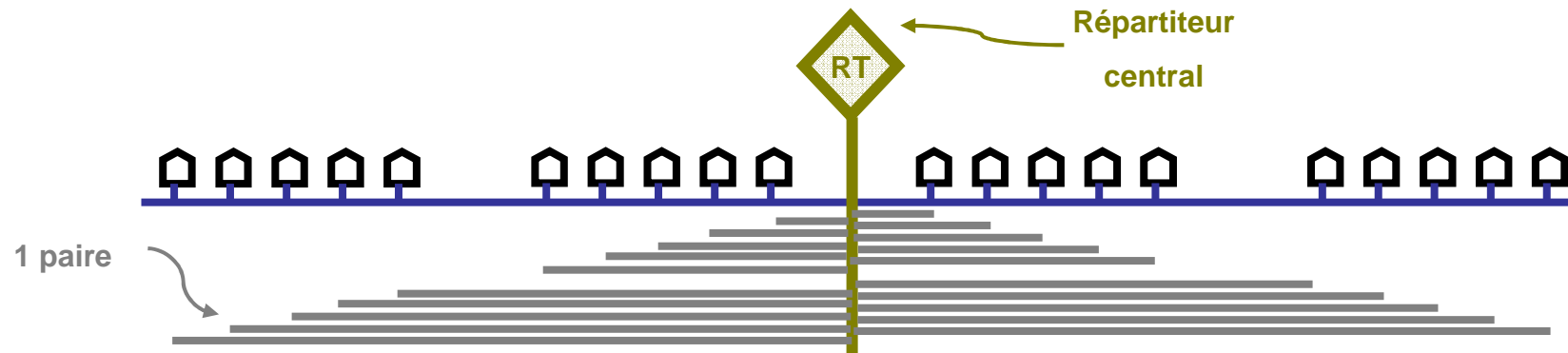
Raccordement des adresses au sein d'une zone d'habitat élémentaire (1/2)



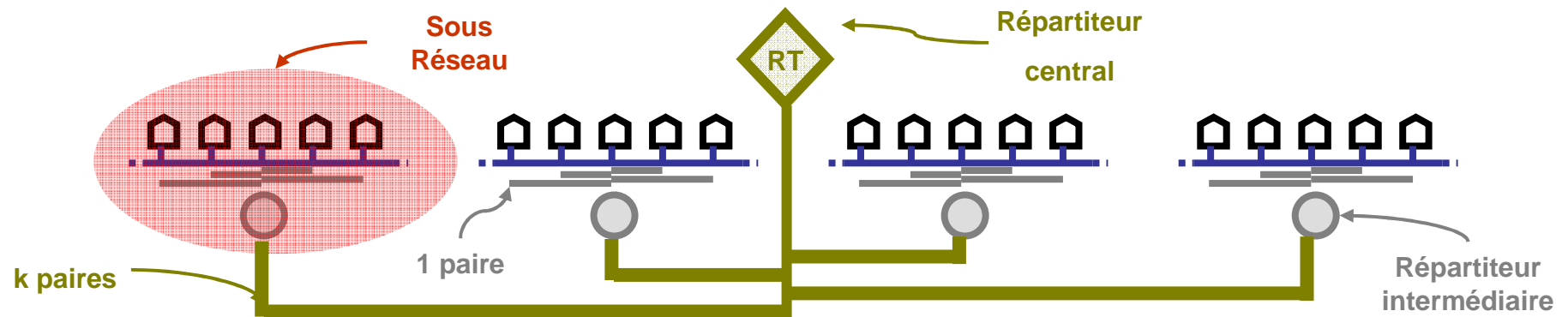
- Il est possible de relier les adresses au centre de la zone d'habitat élémentaire en intercalant jusqu'à deux niveaux de concentrateurs.
- On étudie donc la meilleure solution en terme de coût entre :
 - *le raccordement direct de chacune des adresses au point de répartition central,*
 - *le raccordement avec un sous-niveau de répartition au point de répartition central,*
 - *le raccordement avec deux sous-niveaux de répartition au point de répartition central.*
- La méthode d'optimisation ne considère qu'une seule des deux dimensions et applique par symétrie le même résultat à la dimension perpendiculaire. Ceci est possible dans la mesure où la demande est équirépartie dans les dimensions horizontales et verticales.

Raccordement des adresses au sein d'une zone d'habitat élémentaire (2/2)

- La solution la plus économique en terme de coût sera choisie :
- Schéma de raccordement sans sous-niveau de répartition au point de répartition central :



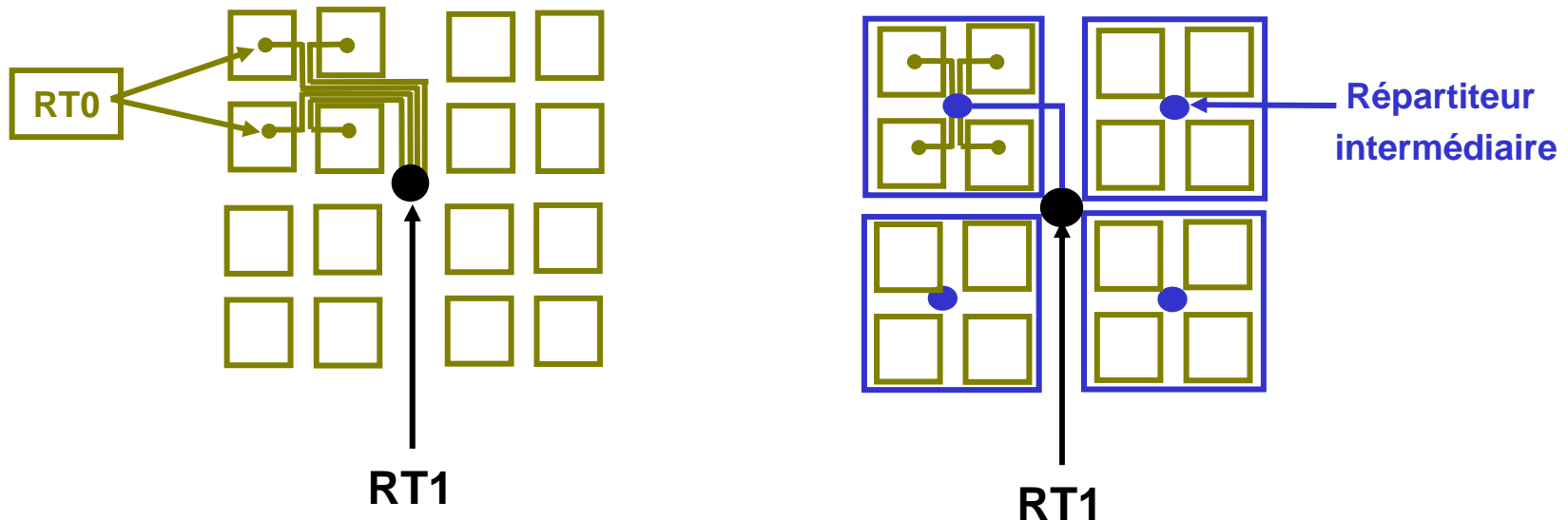
- Schéma de raccordement avec un sous-niveau de répartition (placé de manière à avoir la même structure à chaque niveau de concentration) au point de répartition central :



Raccordements des zones d'habitat élémentaires

Calcul de la longueur des câbles

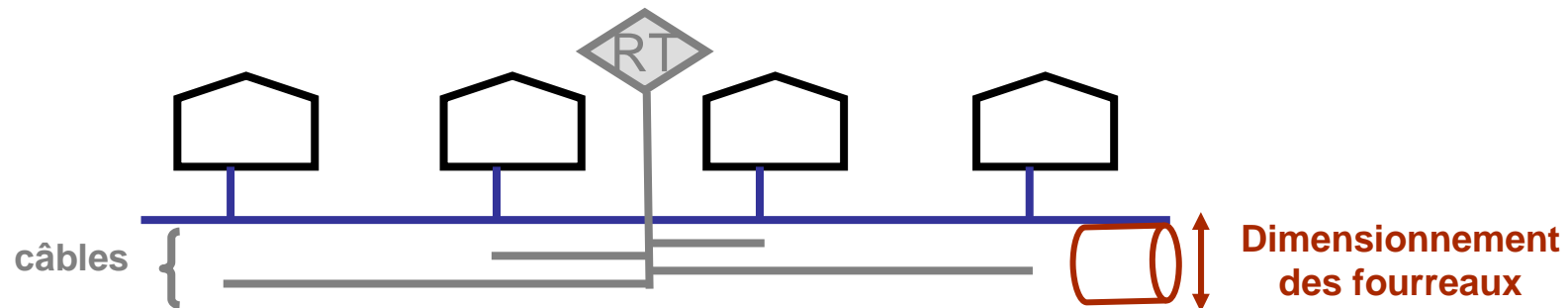
- Au sein de la zone d'habitat on applique un algorithme analogue: les centres des zones d'habitat élémentaires sont considérés comme des adresses (RT0), et on cherche à les relier au répartiteur situé au centre de la zone d'habitat (RT1).
- De nouveau, il est possible de relier ces « adresses » par blocs (carrés) et d'intercaler jusqu'à deux sous-niveaux de répartiteurs au maximum
- Les schémas représentent la situation sans et avec un sous-niveau de répartition intermédiaire :
 - Dans le premier cas, les centres des zones élémentaires sont reliés directement à RT1.
 - Dans le second cas, on a intercalé des concentrateurs intermédiaires, un pour chaque bloc de 4 zones d'habitat élémentaire (carrés bleus).



Principes de mutualisation des passages de câbles dans les tranchées



- Le premier niveau de passage de câble se situe à l'intérieur des zones d'habitat élémentaires. Les zones comprennent quatre demi-tronçons de rue autour d'un carrefour. L'encombrement des câbles de ce premier niveau de déploiement est considéré comme constant au sein de la zone d'habitat élémentaire. Ainsi même si les câbles s'arrêtent avant la fin des demi-tronçons, le dimensionnement des fourreaux reste constant sur toute la longueur.



- Le second niveau de passage qui consiste à raccorder les zones d'habitat élémentaire au point central de la zone d'habitat peut comporter jusqu'à 3 sous-niveaux de passage de câbles. Pour chacun des passages de câble, la longueur de câble a été calculée mais le trajet physique n'a pas été déterminé. Aussi, il faut déterminer une logique de disposition physique :
 - *au sein de chaque niveau puis*
 - *entre les différents niveaux.*

Principe de disposition physique des câbles au sein de chaque niveau

- La longueur de câble nécessaire est donc :

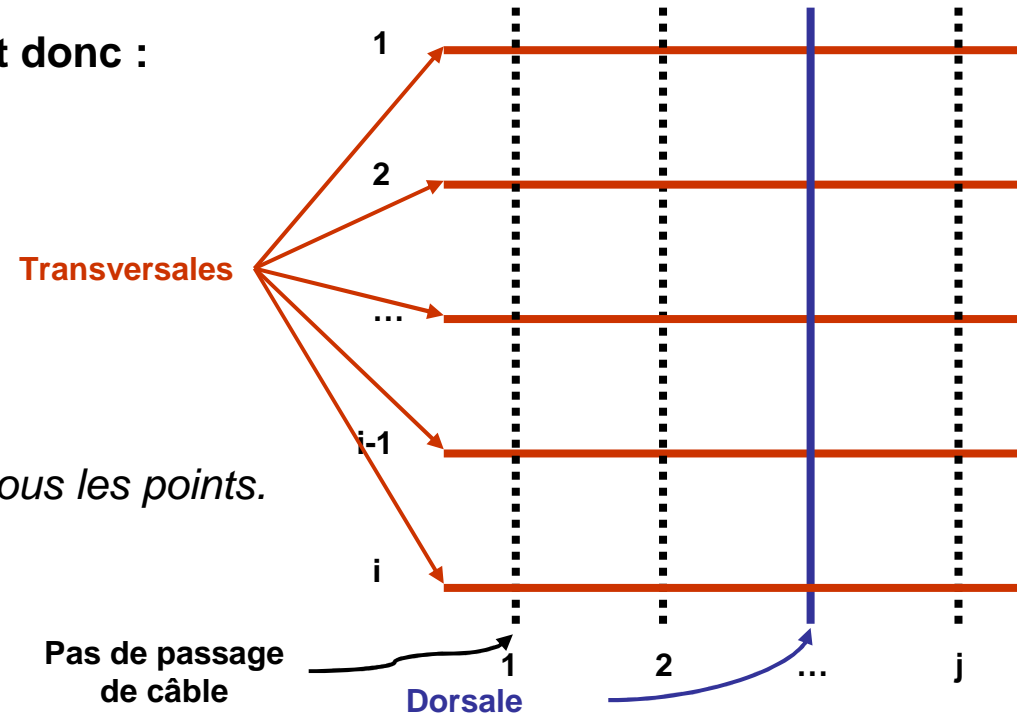
$$L_p = \frac{1}{4}(i + j).i.j$$

- La longueur de tranchée associée :

- une dorsale ;
- des transversales pour atteindre tous les points.

$$L_{\text{dorsale}} = (i - 1).c$$

$$L_{\text{transversales}} = (j - 1).i.c$$



- Cette disposition permet de limiter le nombre de configuration de tronçon de GC au sein d'une zone d'habitat.

Disposition physique des câbles entre les différents niveaux : principe

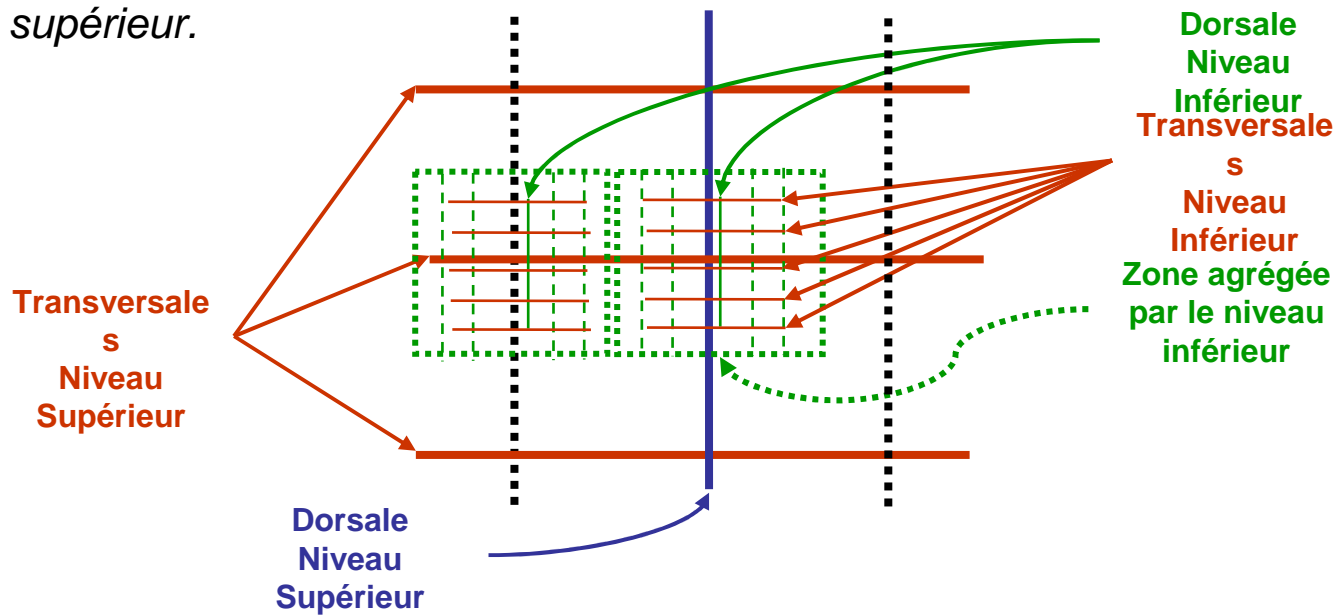


- A cette étape de la modélisation, on connaît la longueur totale de chaque niveau de trajet de câble. Il reste à optimiser la mutualisation des tranchées entre chacun des niveaux de câble. La logique de placement des passages de câbles a suivi l'algorithme suivant :
 - *On prend le trajet de câble restant de plus gros volume (typiquement on commence par les tronçons supportant la dorsale du plus haut niveau de câbles).*
 - **La longueur de ce trajet de câbles correspond donc à une longueur de tranchées.**
 - *On place l'ensemble des trajets de câbles de niveau inférieur dans ces tronçons que l'on soustrait du total des longueurs restant à déployer pour chaque niveau de câble.*
 - **A cette longueur de tranchée est maintenant associée une « demande » connue sous la forme d'une liste de câbles de taille connue.**
 - *On répète ce principe jusqu'à arriver au câble de plus petit volume dont la longueur résiduelle correspond à la longueur de tranchées qui ne contiendra que ce câble.*

Disposition physique des câbles entre les différents niveaux

Application avec deux niveaux de câbles

- Le schéma ci-dessous applique les principes énoncés précédemment avec deux niveaux de trajets de câbles :
 - Le niveau inférieur est orienté comme le niveau supérieur (les dorsales des deux niveaux sont verticales sur le schéma),
 - Les trajets de câbles du niveau inférieur utilisent autant que possible ceux du niveau supérieur.



- Le type de génie-civil dépend du nombre de paires de cuivre : si il est inférieur à 112, le poteau est préféré, sinon, on utilise des tranchées. En zone urbaine, les tranchées sont donc pratiquement toujours préférées aux poteaux.