

Économie des réseaux
Michel Volle
CNAM
4 février 2014

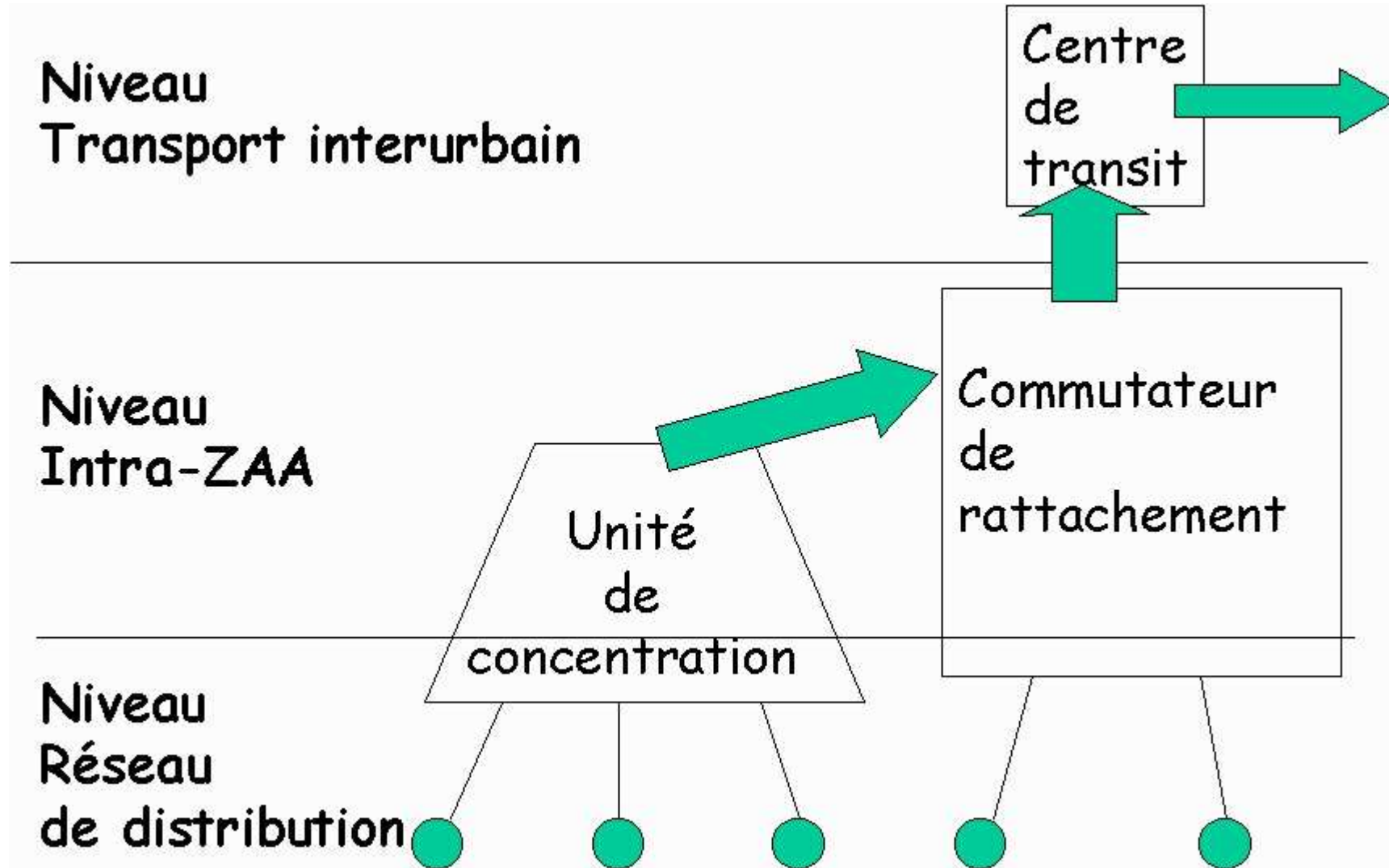
Plan

- Le réseau téléphonique
- L'internet
- L'économie du dimensionnement
- Le cyberspace
- Questions stratégiques
 - Concurrence et monopole
 - Croissance extensive ou intensive

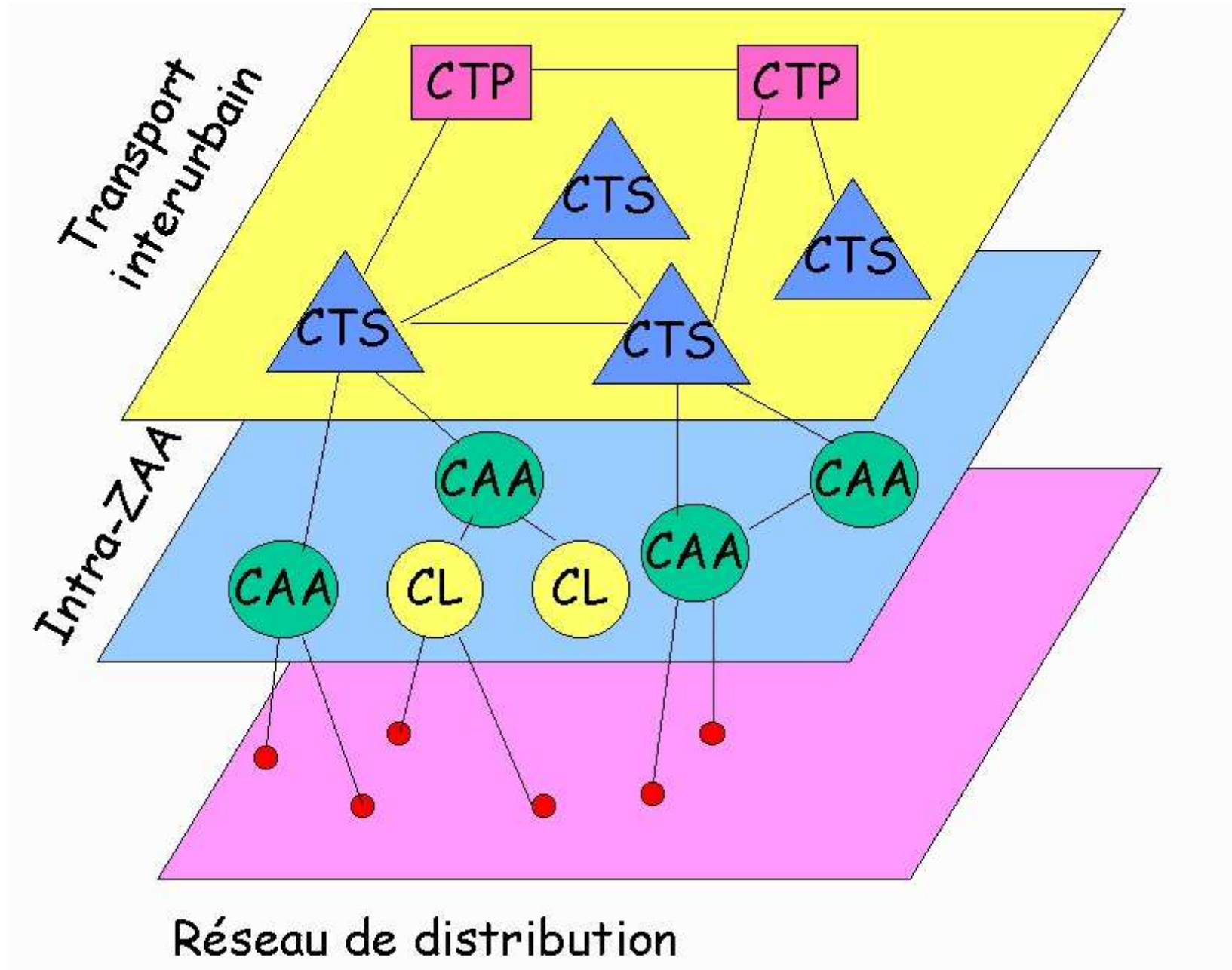
La culture de la téléphonie

- Deux cultures professionnelles
 - Transmission : des physiciens
 - Commutation : des logiciens
- Une histoire glorieuse
 - L'équipement du territoire dans les années 70
 - Le minitel
- Méfiance envers l'informatique
 - Le conflit entre X25 et TCP/IP

Le réseau téléphonique



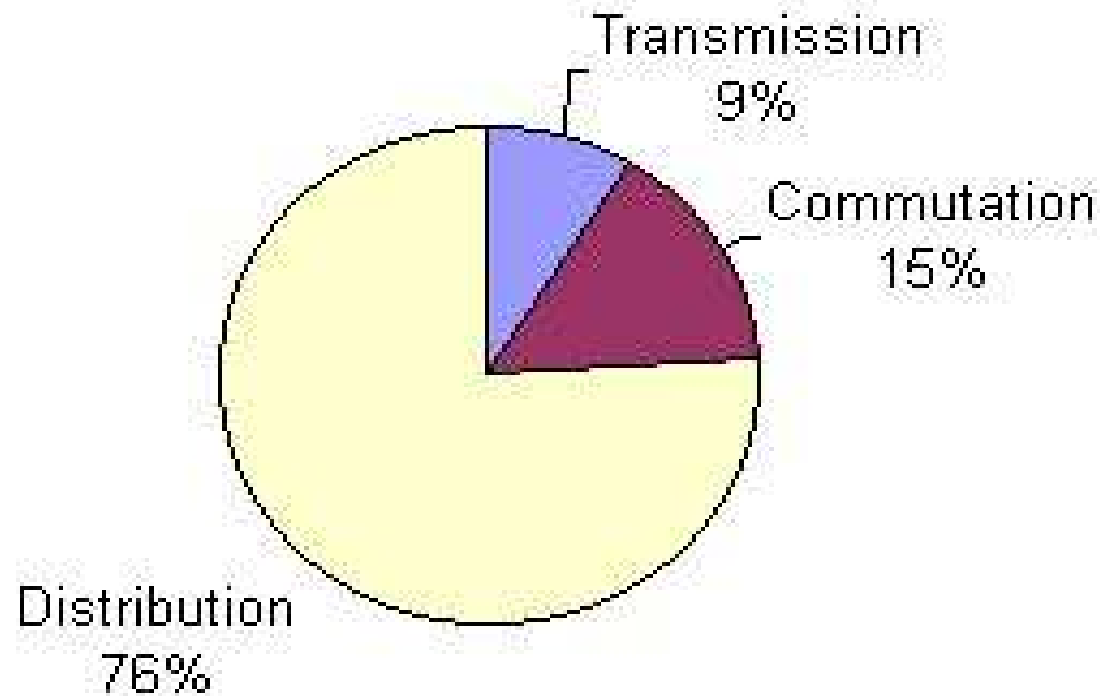
Architecture du réseau



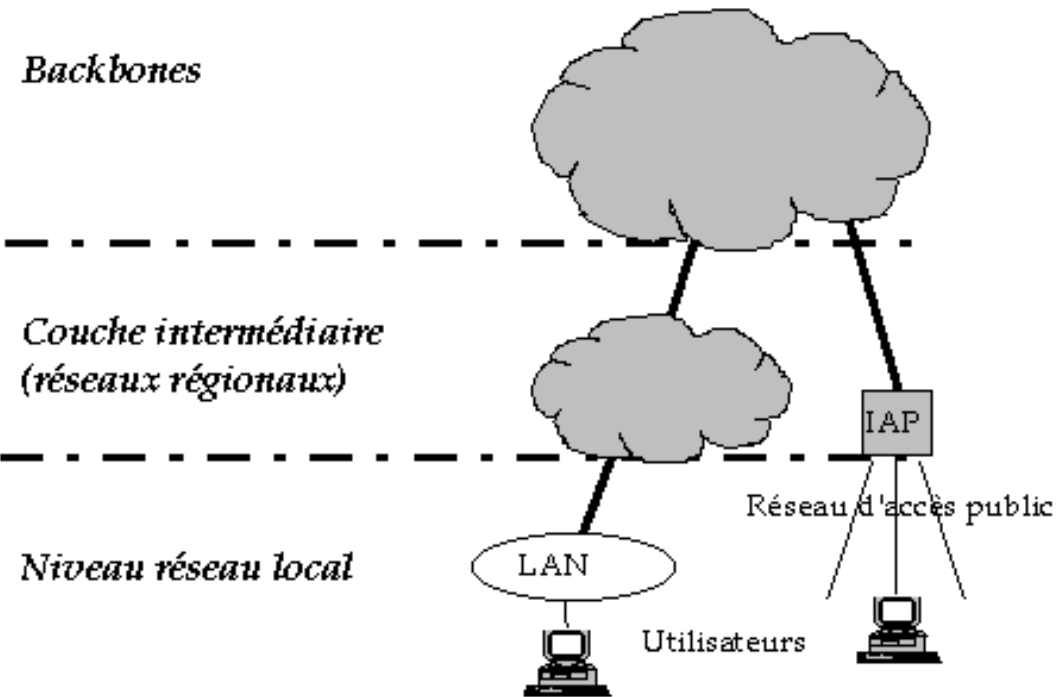
Les règles d'ingénierie

- Numérisation du signal
 - 64 kbit/s
- Règles de dimensionnement
 - Faisceaux de transmission
 - Hiérarchie des commutateurs
- Règles d'exploitation
 - Routages et reroutage
- Règles de supervision
 - Traitement des tickets d'incident

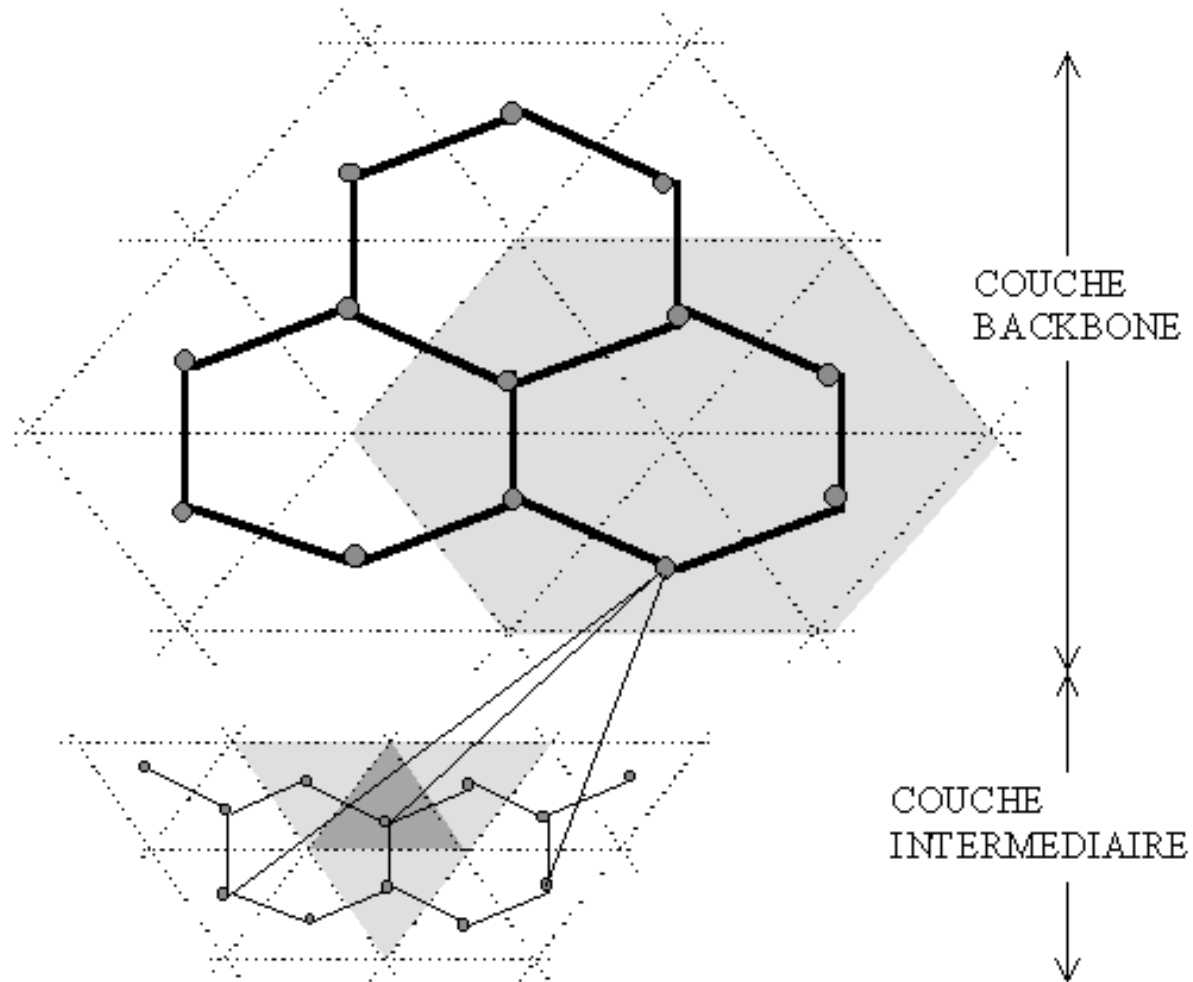
Structure du coût du réseau téléphonique



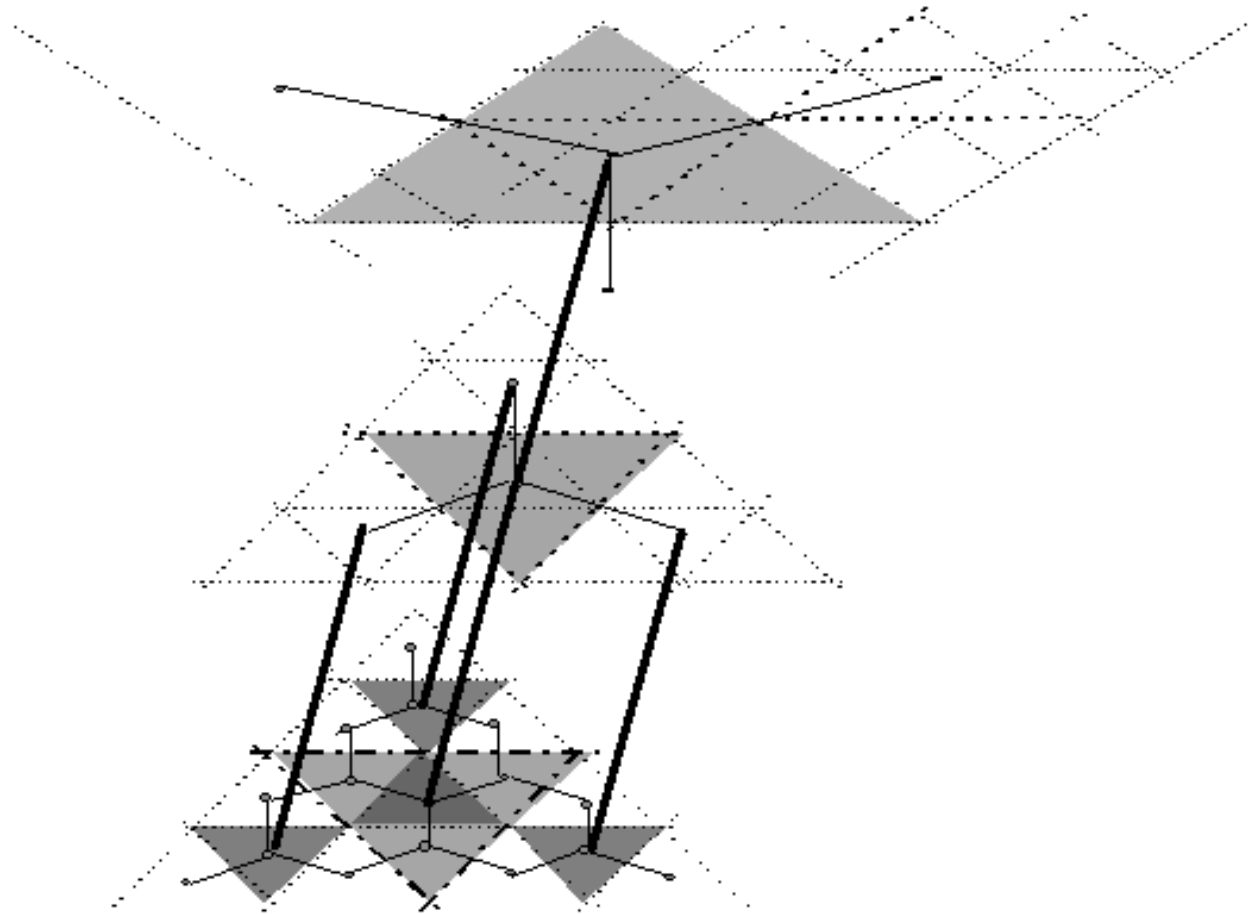
L'Internet



Modélisation de l'Internet

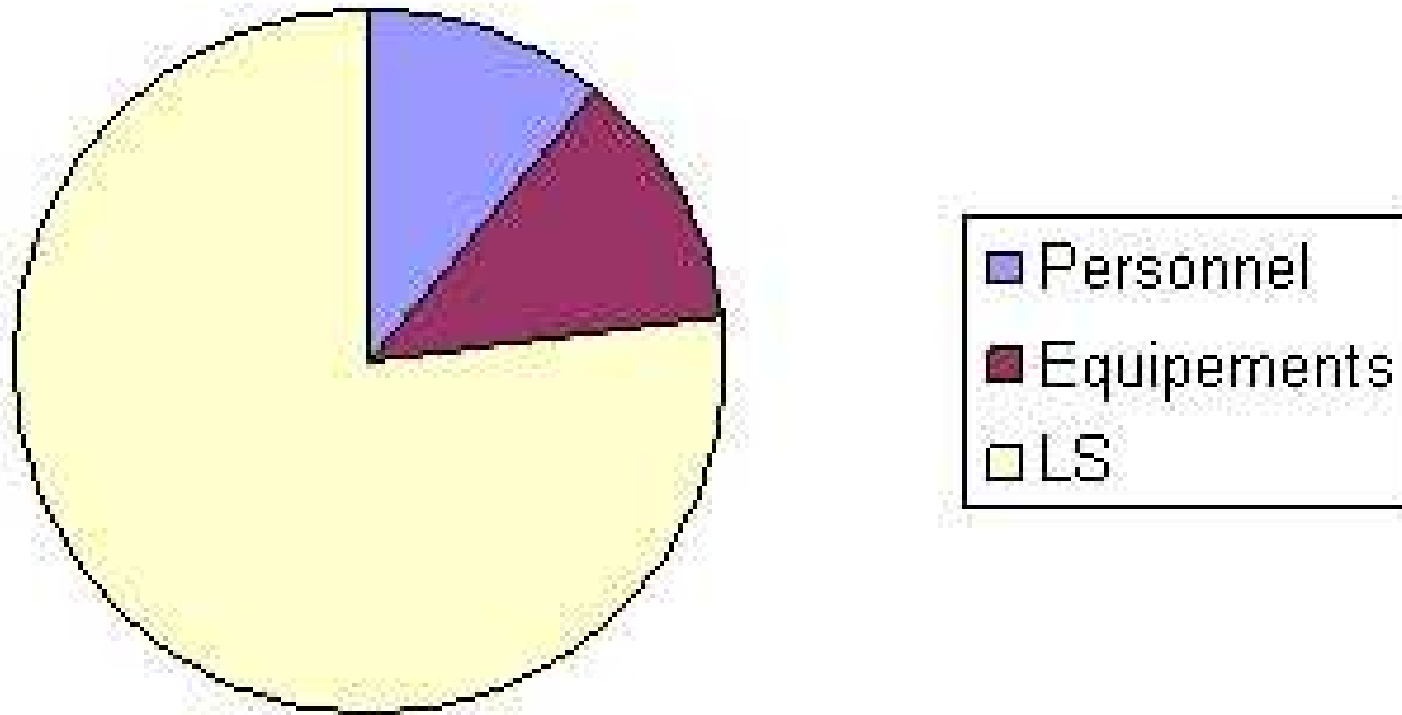


Modélisation de l'Internet

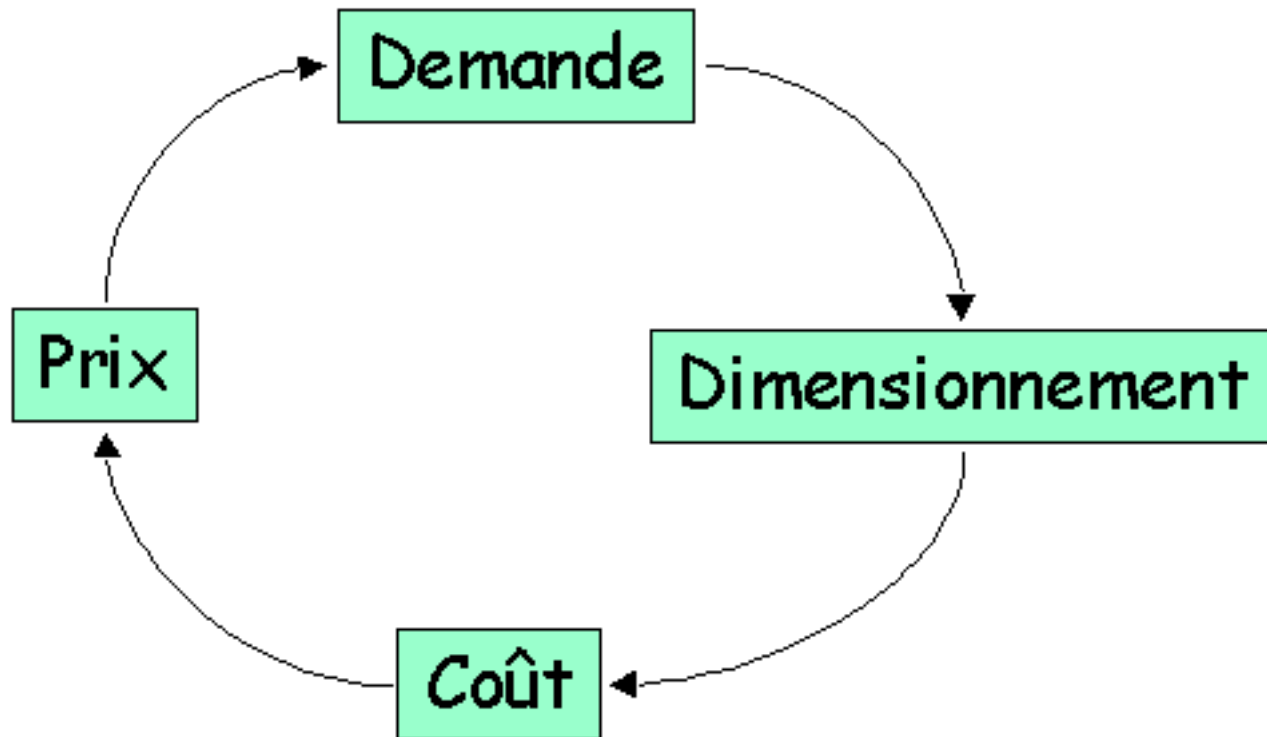


Structure du coût de l'Internet

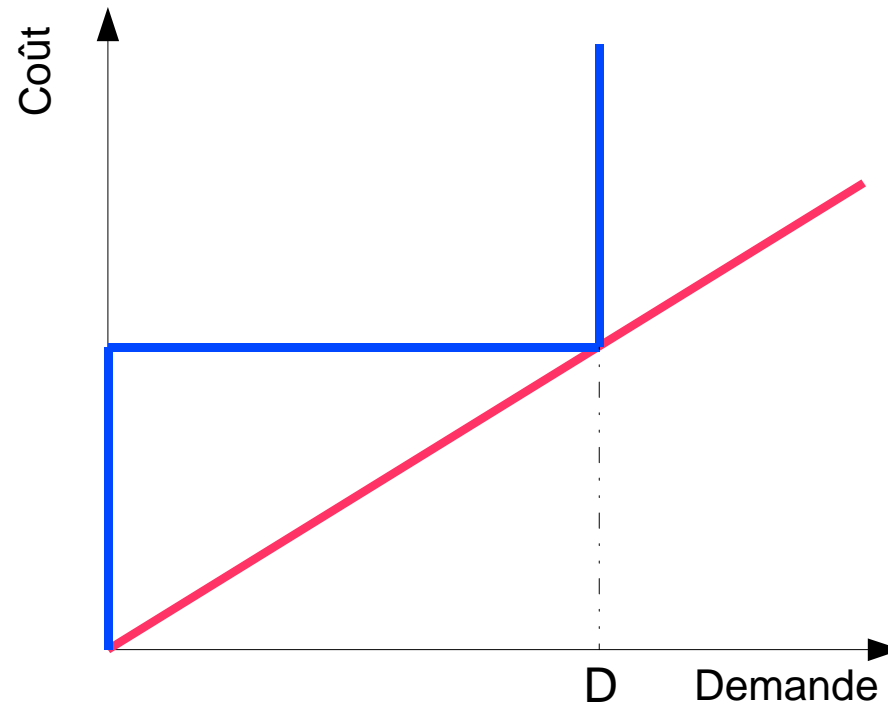
Répartition du coût total



Cycle du dimensionnement



Économie du dimensionnement



- Coût d'exploitation
- Coût du dimensionnement

Un modèle probabiliste

Le coût du dimensionnement pour une règle d'ingénierie r donnée est fonction du trafic anticipé en période de pointe t^a :

$$c = f(r, t^a)$$

$$x = \mathcal{N}(m, \sigma)$$

Dimensionnement

Supposons aussi que réseau doive être dimensionné de sorte que le taux de blocage moyen soit inférieur à θ . Son dimensionnement est D tel que $D = m + k\sigma$, où k doit être tel que, en notant $\Phi(k)$ la probabilité d'une valeur inférieure à k pour une variable aléatoire qui suit la loi $\mathcal{N}(0, 1)$, $\Phi(k) = 1 - \theta$, soit :

$$k = \Phi^{-1}(1 - \theta)$$

k est fonction décroissante de θ . Si $\theta < 50\%$, $k > 0$.

Effet de l'incertitude

Supposons que le coût du réseau puisse être approché au premier ordre par une fonction affine de son dimensionnement, soit :

$$C = \alpha + \beta(m + k\sigma), \text{ avec } \beta > 0.$$

Si $\theta < 50\%$ (c'est le cas le plus fréquent),

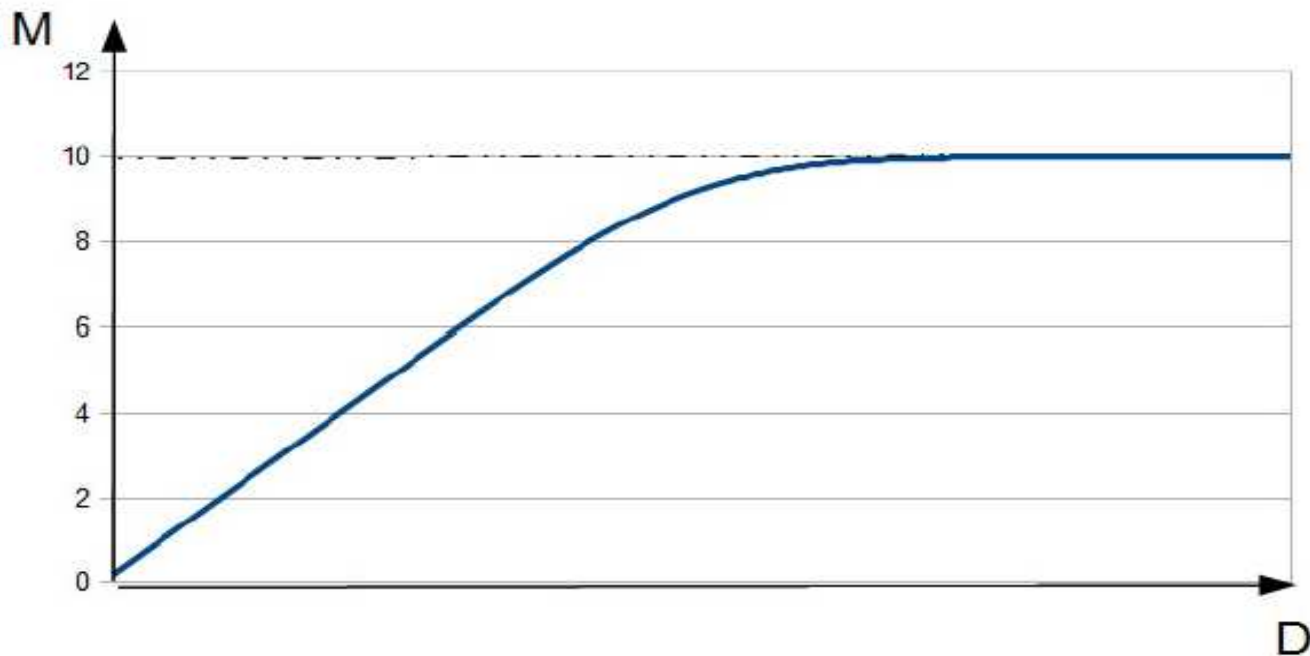
$$\partial C / \partial \sigma = \beta k > 0.$$

L'incertitude sur le trafic s'accroît avec la concurrence et avec la diversification du trafic qu'apporte l'Internet. Il en résulte une augmentation du coût du réseau à qualité constante.

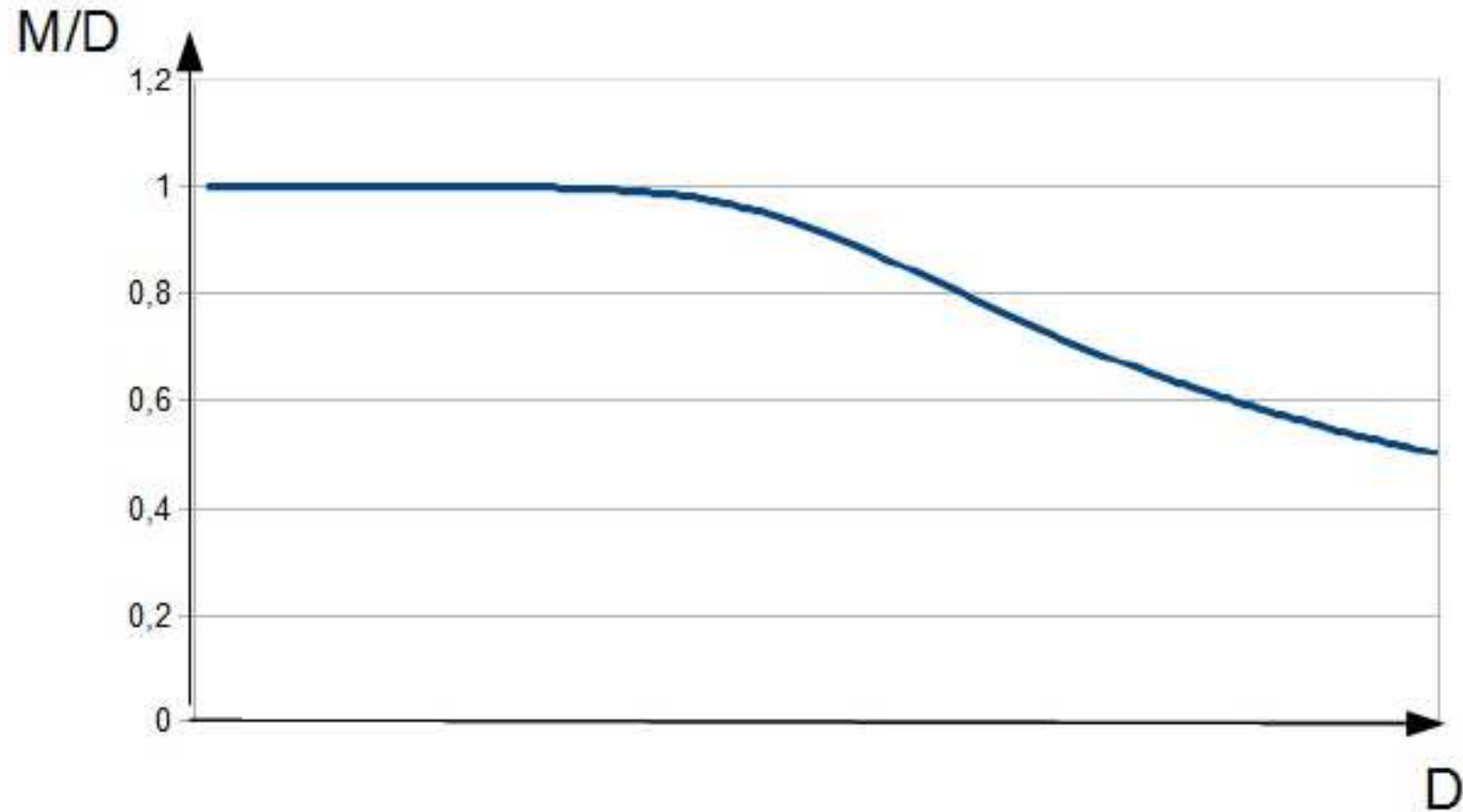
Nombre des clients servis

$$M = \int_{-\infty}^D x f(x) dx + D[1 - F(D)]$$

$$M = D[1 - F(D)] + mF(D) - \sigma^2 f(D)$$



Taux de remplissage



Profit et surplus social

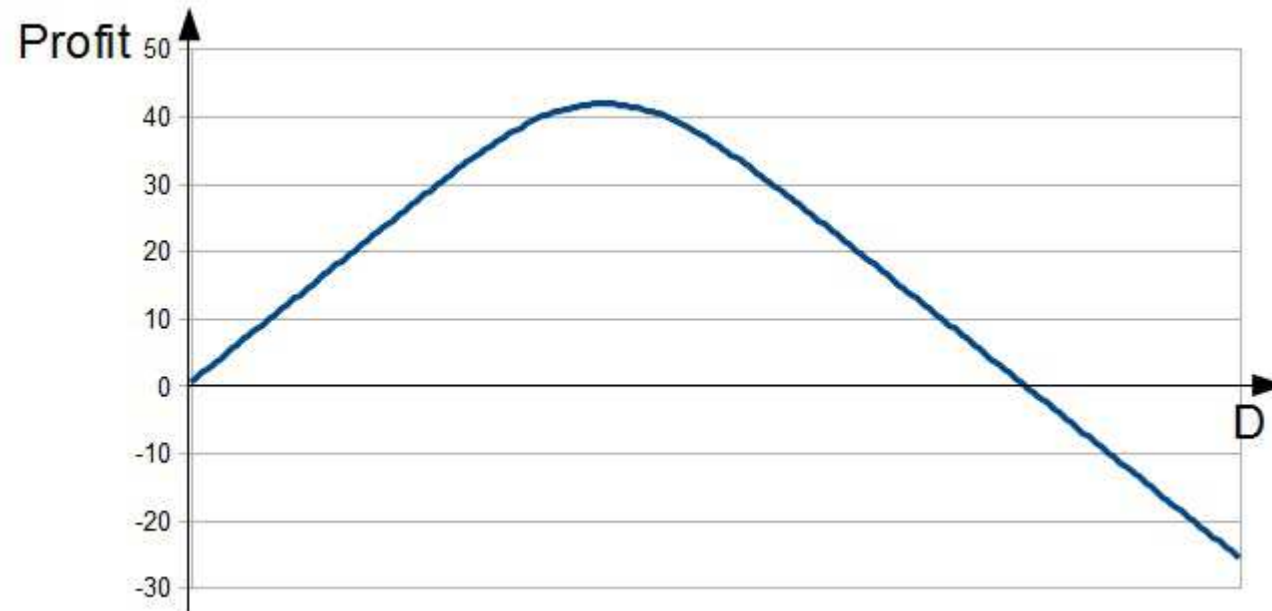
Le profit du réseau $\Pi = pM - aD$ est maximum si le taux de blocage est :

$$\theta^* = 1 - F(D^*) = a/p$$

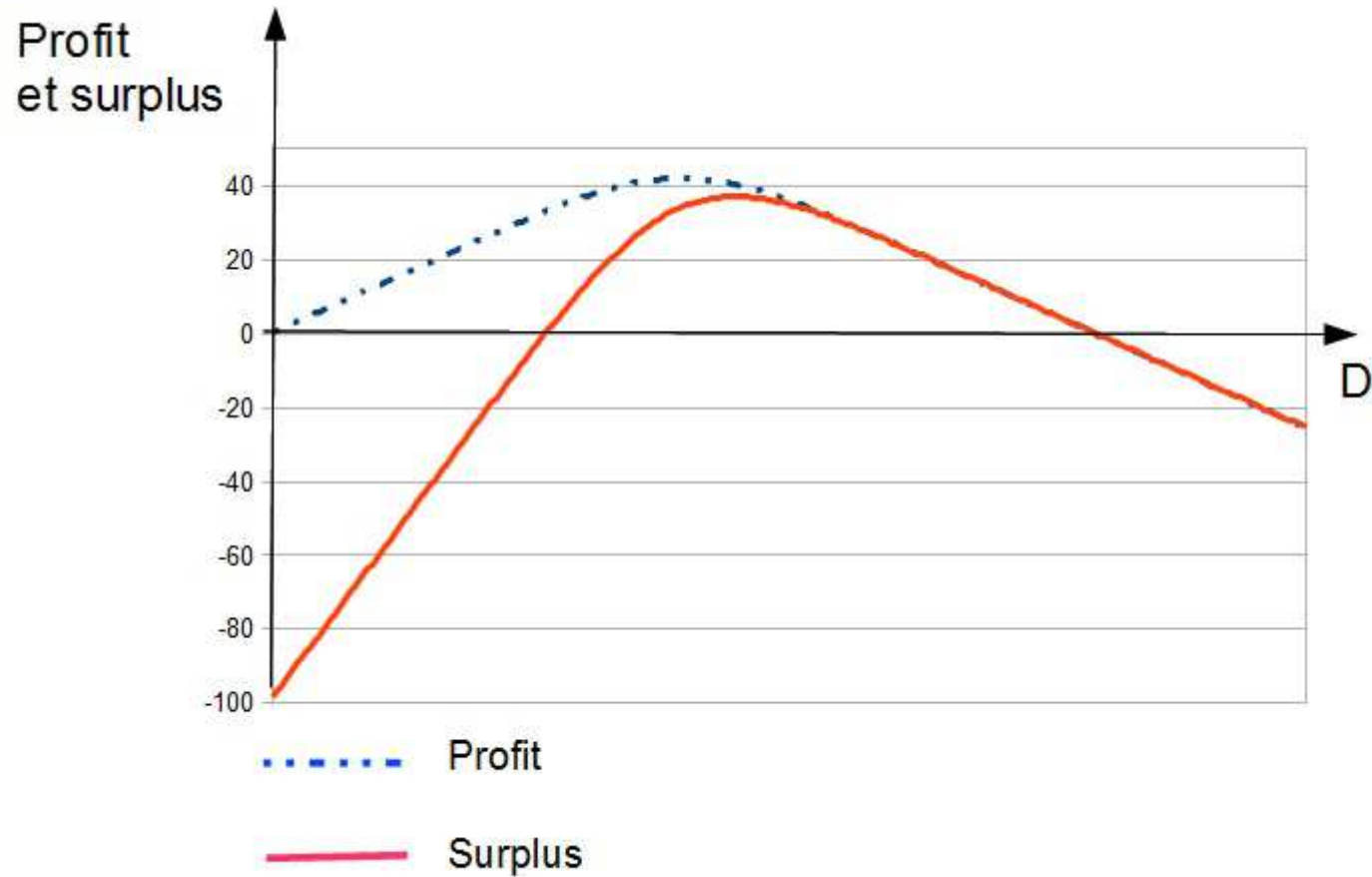
Le surplus social : $\Sigma = pM - aD - pkB$ est maximum si le taux de blocage est :

$$\theta^{**} = 1 - F(D^{**}) = \frac{a}{p(1+k)}$$

Le profit

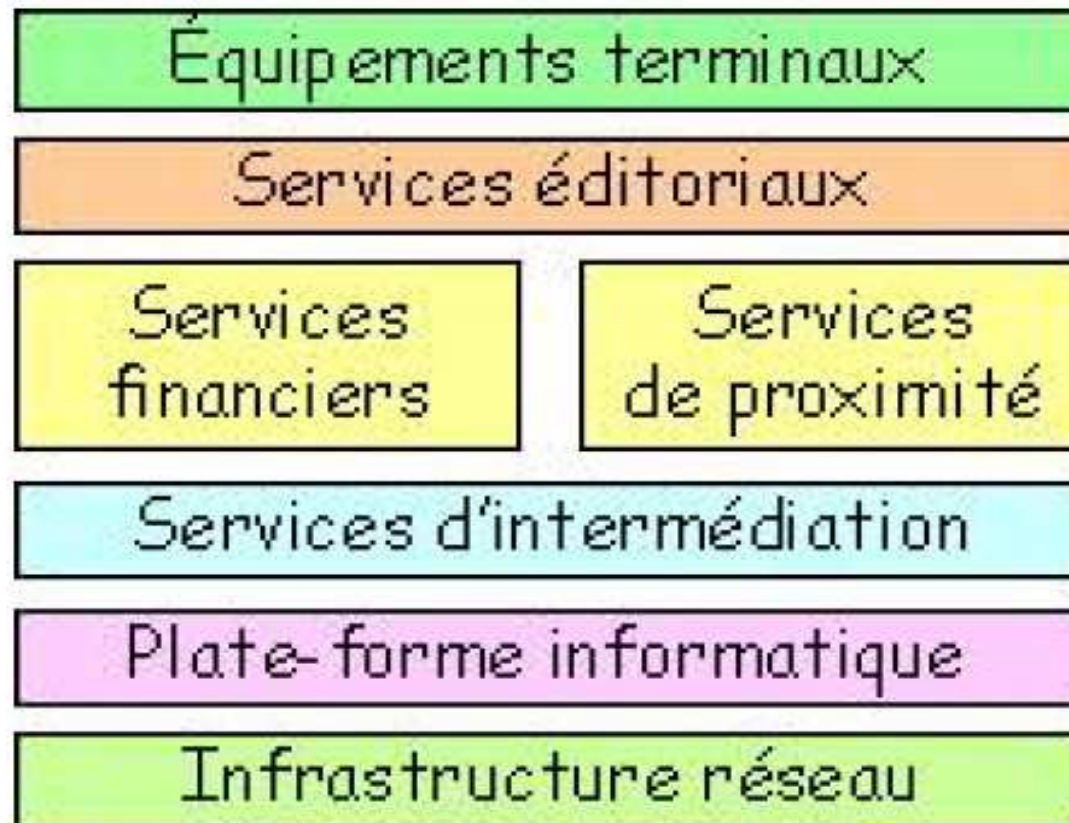


Profit et surplus social



Le cyberspace

- Mobilité ou ubiquité ?
- Architecture



Nouveaux services

- Une ressource informatique personnelle
 - Dossier médical, Internet des objets etc.
- Cyberspace et géographie
 - Localisation, calcul d'itinéraire, vitrines virtuelles, réalité augmentée, etc.
 - Un nouvel aménagement du territoire

Métrique du cyberspace

Notons U l'ensemble des utilisateurs, R l'ensemble des ressources. Supposons définie une distance $d(u, r)$ entre le lecteur u et le texte r , d'autant plus petite que ce texte est plus intelligible pour ce lecteur. Nous appellerons « domaine du lecteur u » l'ensemble $D(u)$ des ressources dont la distance au lecteur est inférieure à un seuil conventionnel s :

$$D(u) = \{r | d(u, r) < s\}.$$

Nous appellerons « lectorat de la ressource r » l'ensemble $L(r)$ des utilisateurs dont la distance à la ressource est inférieure à s :

$$L(r) = \{u | d(u, r) < s\}.$$

Considérons un sous-ensemble D de R . Nous noterons $L(D)$ l'ensemble des lecteurs intéressés par toutes les ressources que contient D :

$$L(D) = \{u | D \subset D(u)\}.$$

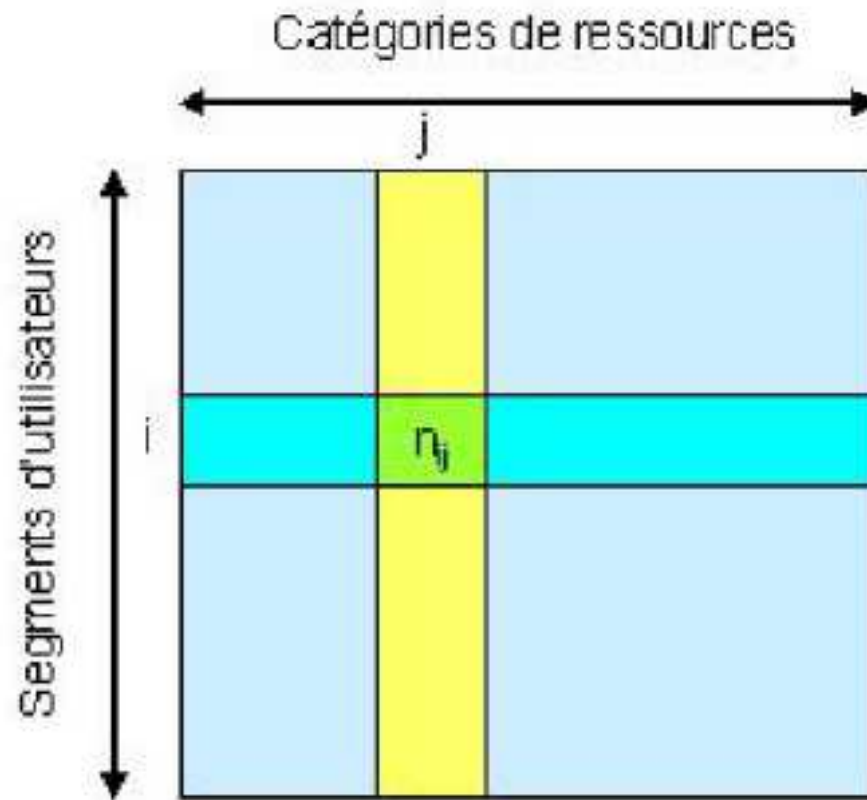
Considérons un sous-ensemble L de U . Nous noterons $D(L)$ l'ensemble des ressources qui intéressent tous les membres de L :

$$D(L) = \{\cap D(u) | u \in L\}.$$

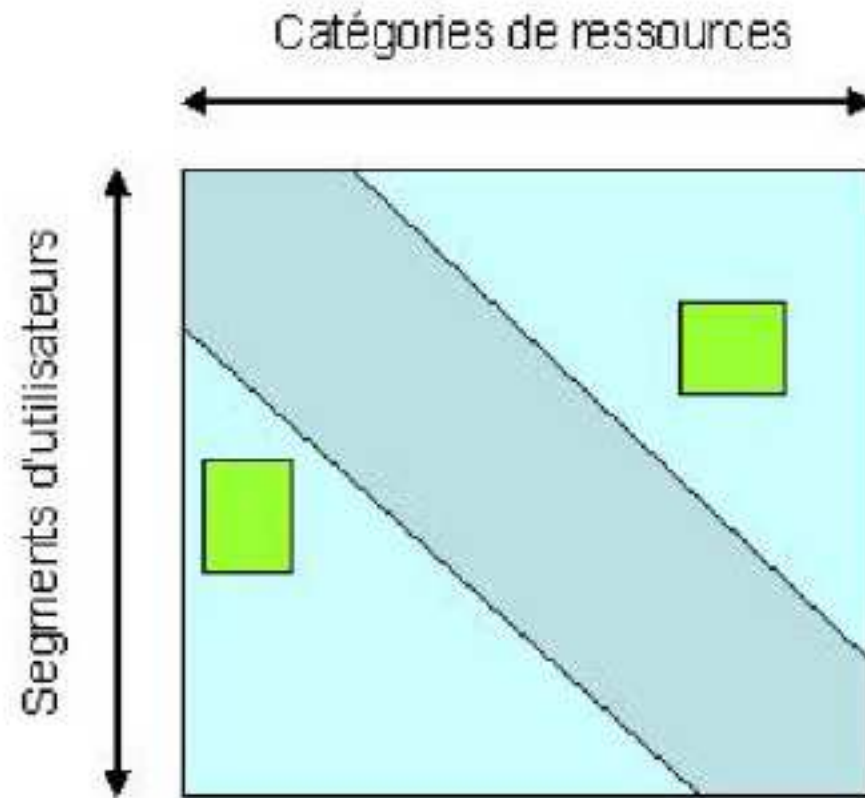
Nous dirons que L et D sont en correspondance si :

$$L(D(L)) = L \text{ et } D(L(D)) = D.$$

Tableau de contingence



Les correspondances



Monopole ou concurrence

- Monopole naturel : rendement d'échelle croissant
 - Économie d'échelle
 - Économie d'envergure
 - Économie d'innovation
- La matrice de trafic est bloc-diagonale
- Le réseau qui équipe un pays est unique
 - Contrainte de cohérence des protocoles et équipements, de synchronisation pour l'investissement

Croissance intensive ou extensive

- Assurer la communication entre des équipements périphériques
- Ou fournir les services tirant parti de l'ubiquité
- La croissance extensive est plus facile à concevoir
- La croissance intensive prépare l'avenir