

2. Infrastructures réseaux pour les systèmes urbains

- Les réseaux dans la ville
- L'accès au médium
- Le routage
- **Les réseaux cellulaires**
- Le déploiement des réseaux sans fil dans la ville

Un bref historique

1^{ère} étape : la voix

- Années 50 : balbutiement
- Années 80-90 : GSM « 2G »
 - ✓ Gestion de mobilité, authentification et sécurité, etc.



2^{ème} étape : la donnée

- SMS en 2G, puis GPRS/EDGE en « 2,5G » : on « triche »
- Années 2000 : émergence Internet mobile (3G)
- Fin 2000 : arrivée des smartphones, marché bouleversé
- Années 2010 : 4G et Internet mobile haut débit

Situation actuelle

Capacité actuelle ~ 1M x celle de 1957

Toutes les métropoles sont couvertes

- Cellule ~ 500m de diamètre
- 4G ~ 100Mbps/km²

Plus d'un terminal / personne (71M en France, mars 2015)

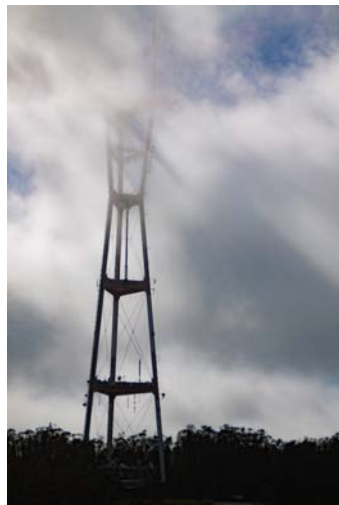
- Certains utilisateurs abandonnent l'ADSL
- Pays émergents : parfois seule infrastructure fiable
- Débuts de l'Internet des Objets



Une infrastructure au bord de la saturation

Un scénario plausible

- Grandes métropoles européennes : 15-25 000 pers./km²
- Supposons 50% d'abonnés haut débit
- 10% actifs simultanément, demandant 5Mbps (flux télé quasi HD)
 - ✓ => débit nécessaire ~ 5Gps/km² vs 4G ~ 100Mbs/km²



Saturation des grands centres urbains en débit

- Aujourd'hui : situations exceptionnelles (évènementiel, ...)
- Demain des besoins plus exigeants :
 - ✓ Flux vidéo HD/4K (résidentiel et mobile, up et downlink)
 - ✓ Applications smart-cities complexes

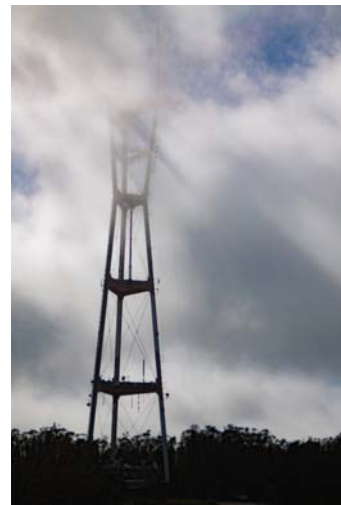
L'enjeu de la capacité

Capacité actuelle ~ 1M x celle de 1957

- Augmentation du spectre : 25x – « white space »
- Meilleure couche physique : 5x – gestion d'interférence
- Densification du réseau : 1600x

Densifier encore le réseau

- Possible grâce aux progrès de la couche physique
- Architectures hétérogènes : macro/micro/femto – cellules
- Problématique sociétale et énergétique
- Management complexe



Compromis capacité - énergie

« Plus du même » impossible

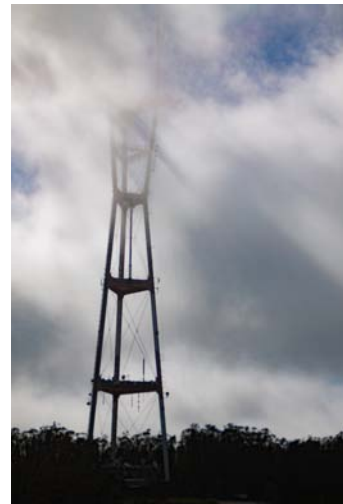
- Energie actuelle ~ 1% conso globale pays développé
- Augmenter l'infrastructure => 1 réacteur nucléaire pour les télécom

« Peur des ondes » et surtout des antennes

- Invisibilité des ondes anxiogène – le seul élément visible est l'antenne
- Pourtant + antennes = - puissance transmission = - exposition

Adapter l'infrastructure à la dynamique d'usage

- Optimisation puissance de transmission
- Virtualisation et mutualisation des coûts fixes (clim.)
- Capillarité et sobriété d'usage



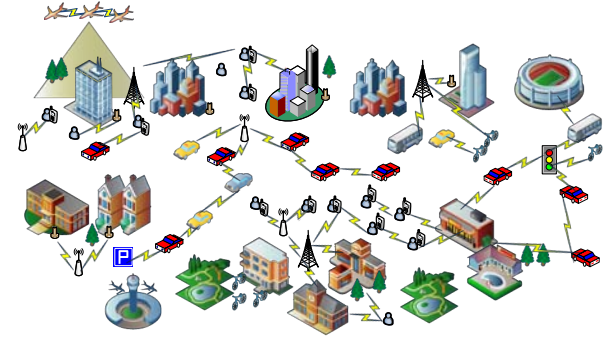
Infrastructure dynamique

Complicqué

- Interdépendance des paramètres, impératif de couverture

Mais indispensable

- « Coller » à l'activité urbaine, éviter le surdimensionnement



Extinction : climatisation = majeure partie coût énergétique

Virtualisation : **gestion agile**

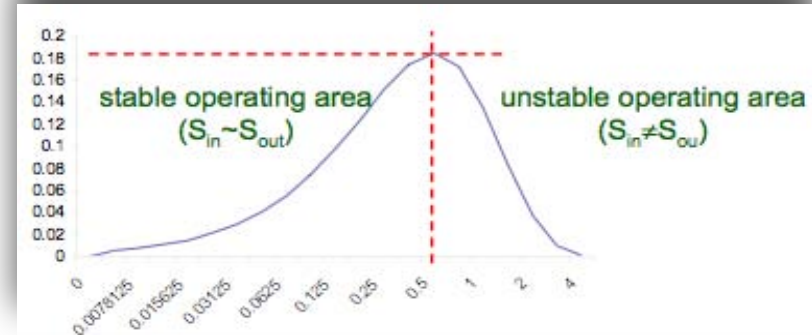
Capillarité : exploiter la diversité

- Sobriété d'usage
- Eviter les utilisateurs de bordure (« cell edge »)

Saturation de l'accès

Situation connue

- Sur-concentration d'utilisateurs – personne n'a d'accès
- Effet d'Aloha



Aloha toujours au cœur de la demande d'accès

- Peu performant mais incontournable
- Asymétrie : terminaux ne « s'entendent pas »
- Optimisation par préambules

Ville connectée ... par le cellulaire ?

« Machine Type Communication » et « Machine to Machine »

- Grande densité et faible trafic, 4G prévue pour l'inverse

Optimisation des méthodes d'accès

- Procédures simplifiées pour collecte pour la 5G ?

Virtualisation

- Changement de paradigme : un « terminal » par application
- Mutualisation des accès – exploitation capillarité

Infrastructures dédiées

- SigFox, LoRA : efficaces pour certaines applications
- Réutilisation 2G : matériel peu cher, passage à l'échelle ?



Les défis de la 5G

- Maîtriser la consommation énergétique
 - Y compris des terminaux
- Grandes densités de terminaux hétérogènes
 - Adaptation à l'activité urbaine
- Virtualisation des cellules et/ou des terminaux
 - Agilité et optimisation

Concentrer les ressources là où elles sont nécessaires
Capillarité pour ne gaspiller ni énergie ni accès

Illustrations & photos : crédits

p. 4-5 : droits réservés

p. 6-8 : droits réservés

p. 9 : droits réservés

p. 11 : droits réservés