

---

# Introduction aux réseaux cellulaires

## Techniques d'accès et de partage de la ressource radio

Systemes de Télécommunication  
Cycle d'harmonisation 2A AST

TEL-COM202

2011/2012

Septembre 2011

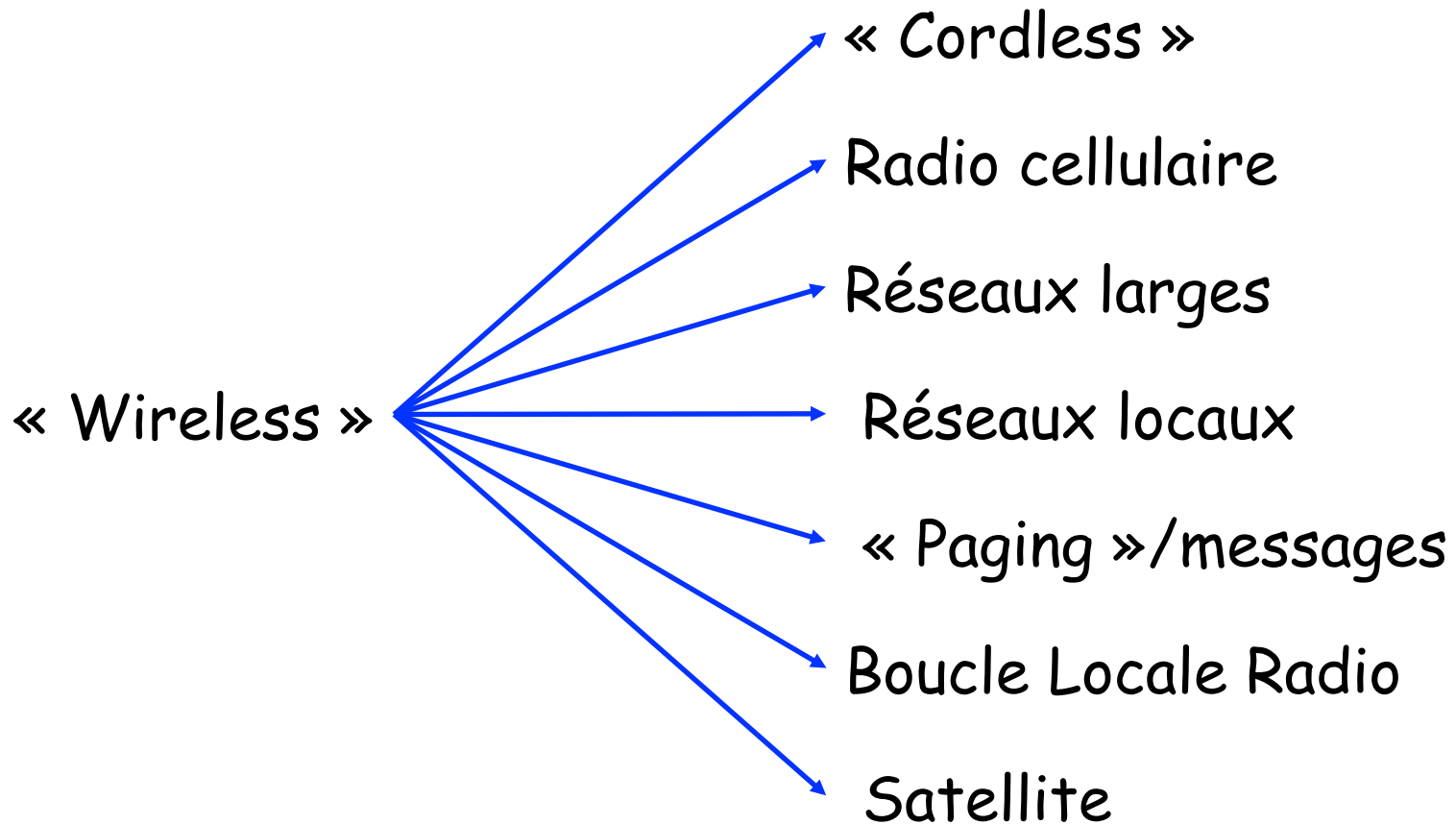
Georges Rodriguez  
Dépt. COMELEC Pièce A311

☎ : 01 45 81 73 97

✉ : [rodriguez@telecom-paristech.fr](mailto:rodriguez@telecom-paristech.fr)

# Technologies, systèmes et services

---

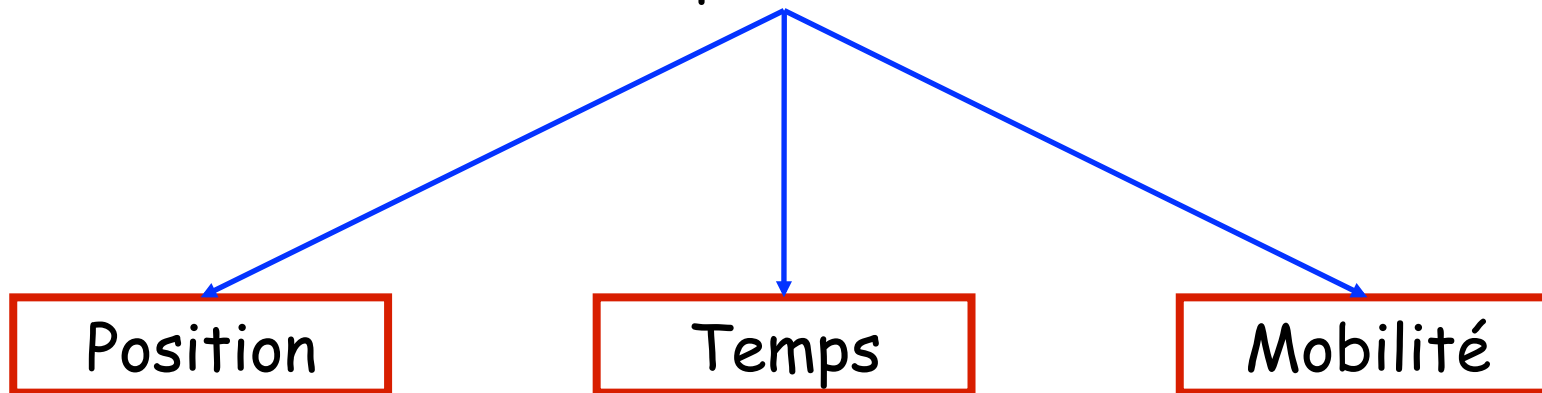


# Les systèmes de communication sans fil

---

Caractéristique fondamentale

Offrir des services de  
télécommunications  
indépendants :



# Les objectifs du cours

---

- ✓ Comprendre les technologies
- ✓ Saisir les aspects socio-économiques du « wireless »
- ✓ Comprendre les techniques d'accès multiple
- ✓ Connaître les principaux systèmes

# Plan

---

- Introduction - le RTC;
- Le duplex téléphonique;
- Capacité d'un réseau radio;
- L'accès multiple;
- La technologie radio;

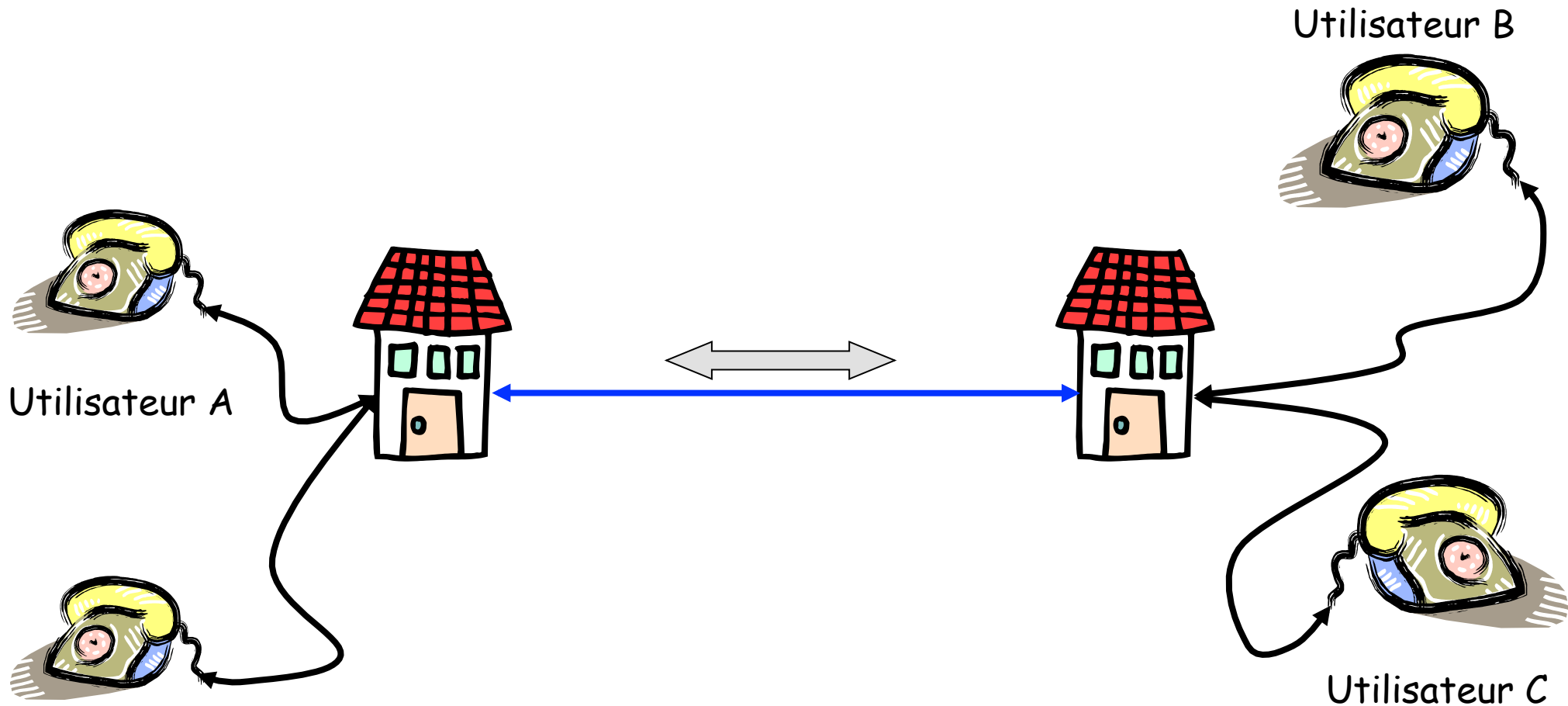
# Plan

---

- Introduction - le RTC;
- Le duplex téléphonique;
- Capacité d'un réseau radio;
- L'accès multiple;
- La technologie radio;



# Le Réseau Téléphonique Commuté (suite)







# Mode « circuit » - mode « paquet »

---

- ✓ Dans le RTC, le switch créé un « **circuit** » de communication
- ✓ Ce circuit s'appelle la « boucle de l'abonné »
- ✓ Cette boucle est constituée de plusieurs segments qui sont concaténés par les commutateurs.

Il existe une autre façon d'adresser un message !

Le mode « paquet »





# Les caractéristiques du RTC (suite)

---

- ✓ Adressage → Implicite à l'existence de la boucle locale
- ✓ Identité → Base de données dynamique
- ✓ Bidirectionnalité → superposition des deux signaux sur le même support de transmission
- ✓ Types de services → Limités par les caractéristiques de la paire torsadée

Comment résoudre ces problèmes dans le cas du « wireless » ?

# Les caractéristiques du radio-mobile

---

Dans le cas du « wireless » :

1. Le canal matériel **n'existe pas** !
2. L'utilisateur **n'appartient pas** nécessairement au réseau de l'opérateur !
3. La superposition **ne garantie pas** la bidirectionnalité !
4. Les propriétés du canal **varient** dans le temps !
5. L'utilisateur du réseau **bouge** !!

# Plan

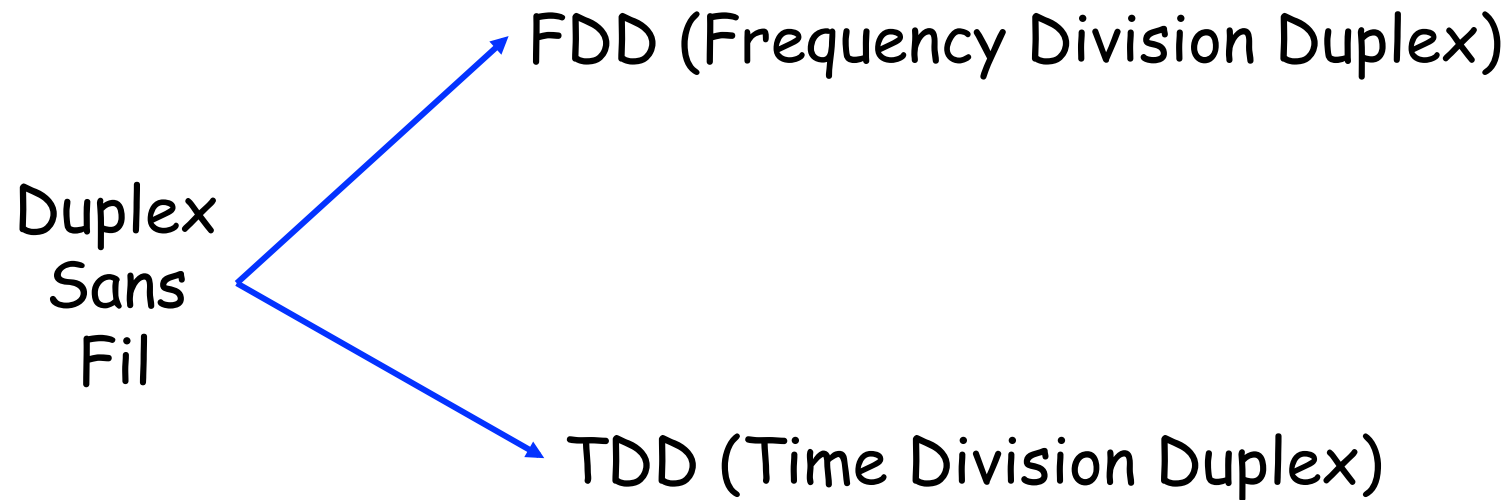
---

- Introduction - le RTC;
- Le duplex téléphonique;
- Capacité d'un réseau radio;
- L'accès multiple;
- La technologie radio;



# Le duplex pour le <<sans-fil>>

---









# Plan

---

- Introduction - le RTC;
- Le duplex téléphonique;
- **Capacité d'un réseau radio;**
- L'accès multiple;
- La technologie radio;

# Définition de la capacité d'un réseau

---

Déf. de capacité :

Nombre d'abonnés qui peuvent communiquer de façon simultanée sur le réseau téléphonique

C'est le point de vue de l'opérateur du réseau !













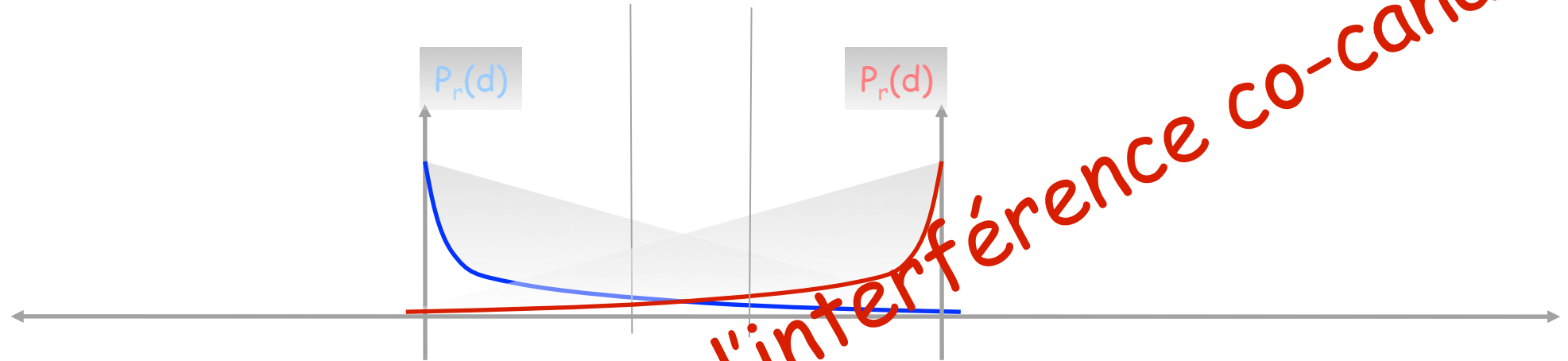




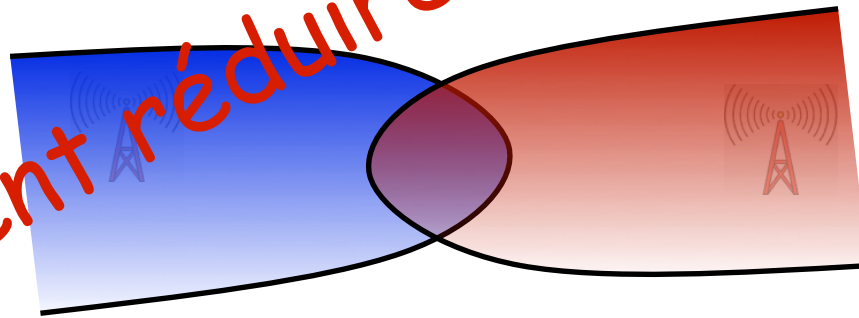




# L'interférence co-canal



Comment réduire l'interférence co-canal ?









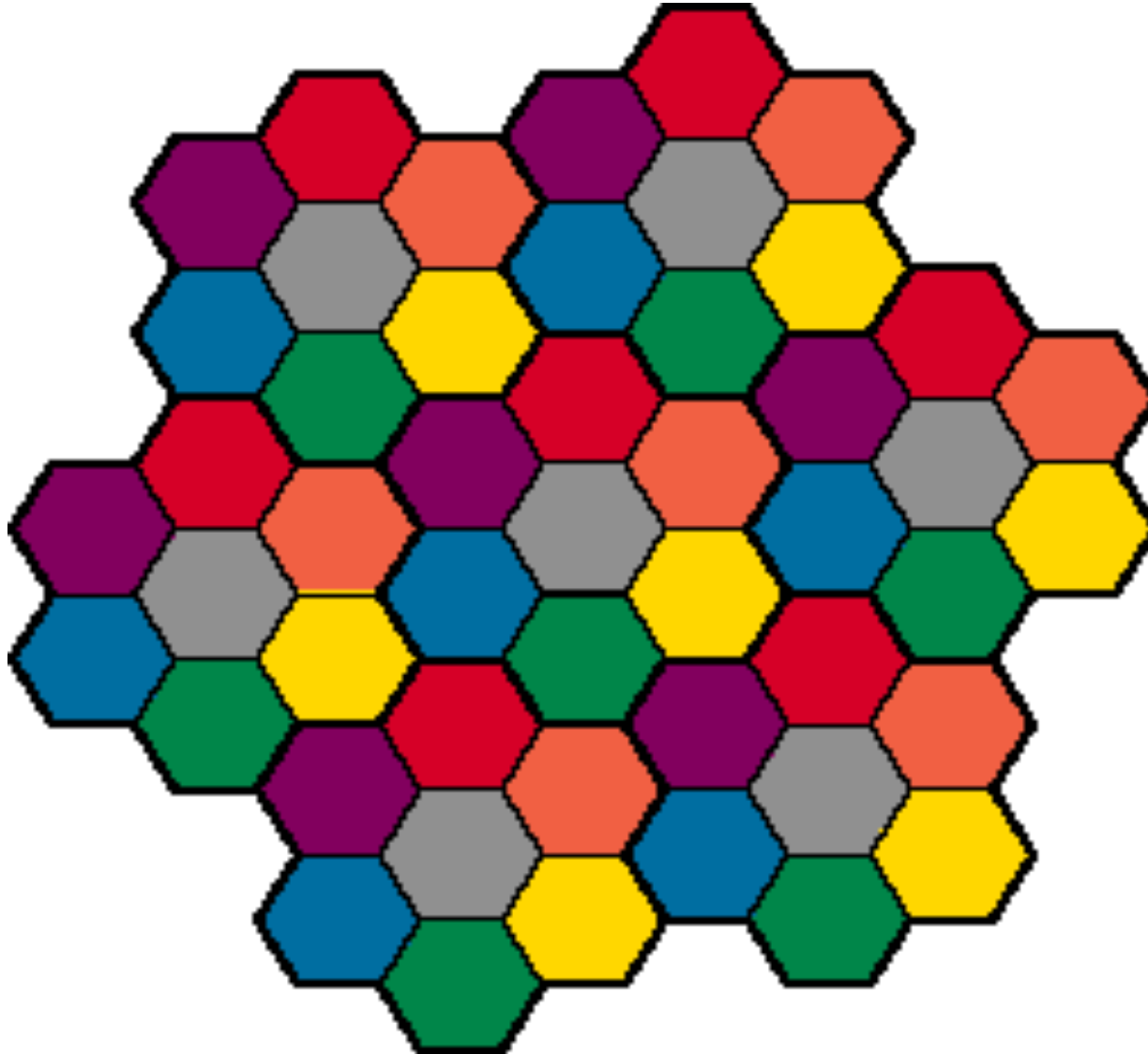






# Le principe cellulaire (acte VI - Le « colourID » des cellules)

---













# Plan

---

- Introduction - le RTC;
- Le duplex téléphonique;
- Capacité d'un réseau radio;
- **L'accès multiple;**
- La technologie radio;

# L'accès multiple

---

Motivation : Parole 10-60% du temps en activité vocale !!

Conséquence :

La ressource canal est très MAL exploitée !!

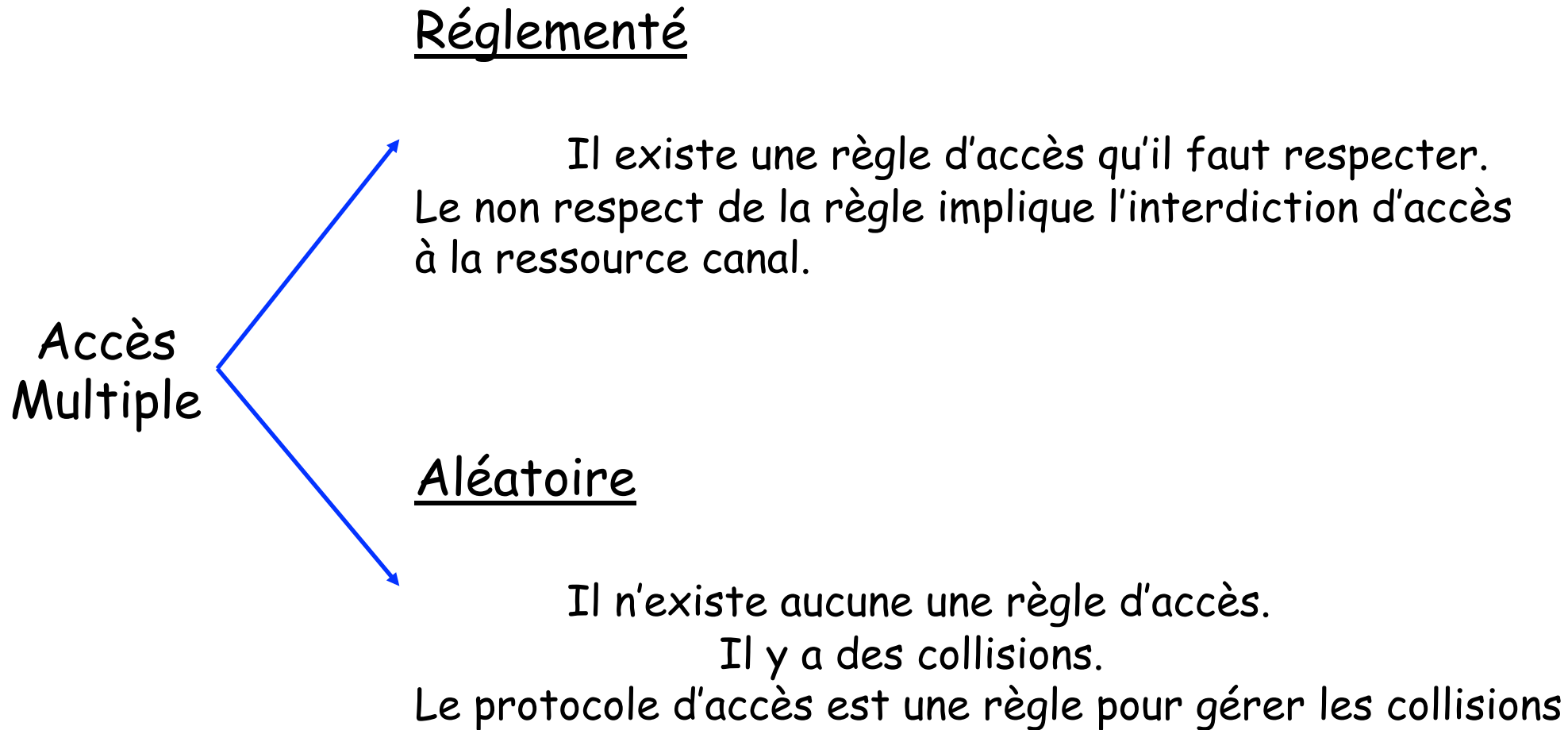
Solution :

Partage de la ressource (accès)



# Les techniques d'accès multiple (suite)

---



# L'accès multiple réglementé

---

## Fixe

La règle est toujours la même, indépendamment que la ressource soit utilisée ou non.

Ex : TDMA, FDMA

## Sur demande

La règle est toujours la même mais elle n'est pas disponible tout le temps. Il faut la solliciter si j'ai un message à transmettre.

Ex : Polling ou jeton

Accès  
Multiple  
Réglementé

# L'accès multiple aléatoire

---

## Répété

En cas de collision, la requête de communication se répète.

Ex : p-ALOHA, s-ALOHA

Accès  
Multiple  
Aléatoire

## Réservé

En cas de collision, la requête est inscrite dans une liste de réservation

Ex : réservation implicite ou explicite

# Propriétés d'un protocole d'accès multiple

---

- ✓ Il doit contrôler l'allocation de la capacité du canal aux différents utilisateurs ;
- ✓ Il doit utiliser la ressource canal de façon efficace :  
Notions de « throughput » et retard ;
- ✓ Il doit gérer l'allocation de la ressource de façon équilibrée entre les utilisateurs ;
- ✓ Il doit être flexible en autorisant des types de trafic différents ;
- ✓ Il doit être stable, à partir d'un état d'équilibre, toute augmentation du trafic doit conduire le système à un nouvel état d'équilibre ;
- ✓ Il doit être robuste vis-à-vis d'une panne des équipements ;













# Les protocoles ALOHA

---

## Protocoles Aloha

Accès Multiple Aléatoire dans les réseaux d'ordinateurs  
Proposé par l'Université de Hawaï en 1970

Accès :

Les utilisateurs accèdent au canal chaque fois qu'ils ont  
des données à transmettre

**Problème → Il y a des Collisions !!**

# Le p-ALOHA

---

Le protocole p-ALOHA est extrêmement simple !

En supposant que tous les paquets ont exactement la même durée, p-ALOHA est constitué des modes suivants :

- **Mode « Transmission »** → Les utilisateurs émettent quand ils le souhaitent en protégeant leurs informations par un code détecteur d'erreurs.
- **Mode « Écoute »** → Après Tx les utilisateurs attendent un acquittement (ACK) du récepteur. S'il y a eu collision, le RTx détecte des erreurs et émet un non-acquittement (NAK)
- **Mode « Retransmission »** → Comme suite à un NAK, les utilisateurs retransmettent leurs messages en attendant un temps aléatoire.
- **Mode « Timeout »** → Après un certain temps si aucun ACK ou NAK est reçu, alors les utilisateurs retransmettent leurs messages









# Le s-ALOHA (Slotted ALOHA)

---

Le Protocole p-Aloha peut être amélioré en rajoutant un minimum de coordination entre les utilisateurs !

Comment ?

Une séquence de marques de synchro est systématiquement diffusée vers tous les utilisateurs.

Un utilisateur peut envoyer ses paquets d'information seulement pendant la durée d'un « slot »;

la transmission peut démarrer seulement au début d'un « slot ».

# Le s-ALOHA (suite)

---

En supposant que tous les paquets ont exactement la même durée, s-ALOHA est constitué des modes suivants :

- **Mode « Transmission »** → Les utilisateurs émettent en protégeant leurs informations par un code détecteur d'erreurs à partir de « tops » de synchro (début d'un « slot »)..
- **Mode « Écoute »** → Après Tx les utilisateurs attendent un acquittement (ACK) du récepteur. S'il y a eu collision, le RTx détecte des erreurs et émet un non-acquittement (NAK)
- **Mode « Retransmission »** → Comme suite à un NAK, les utilisateurs retransmettent leurs messages en attendant un temps aléatoire multiple entier de la durée d'un « slot ».
- **Mode « Timeout »** → Après un certain temps si aucun ACK ou NAK est reçu, alors les utilisateurs retransmettent leurs messages selon 1.



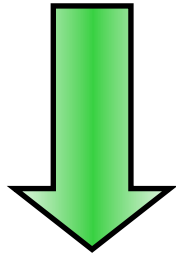




# Le CDMA - Quelques questions

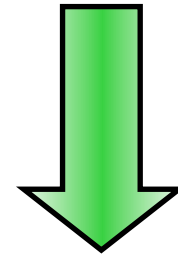
---

Qu'est ce qu'on alloue ?



Un code  
(mot de passe)

Comment séparer les utilisateurs entre eux ?



Codes orthogonaux











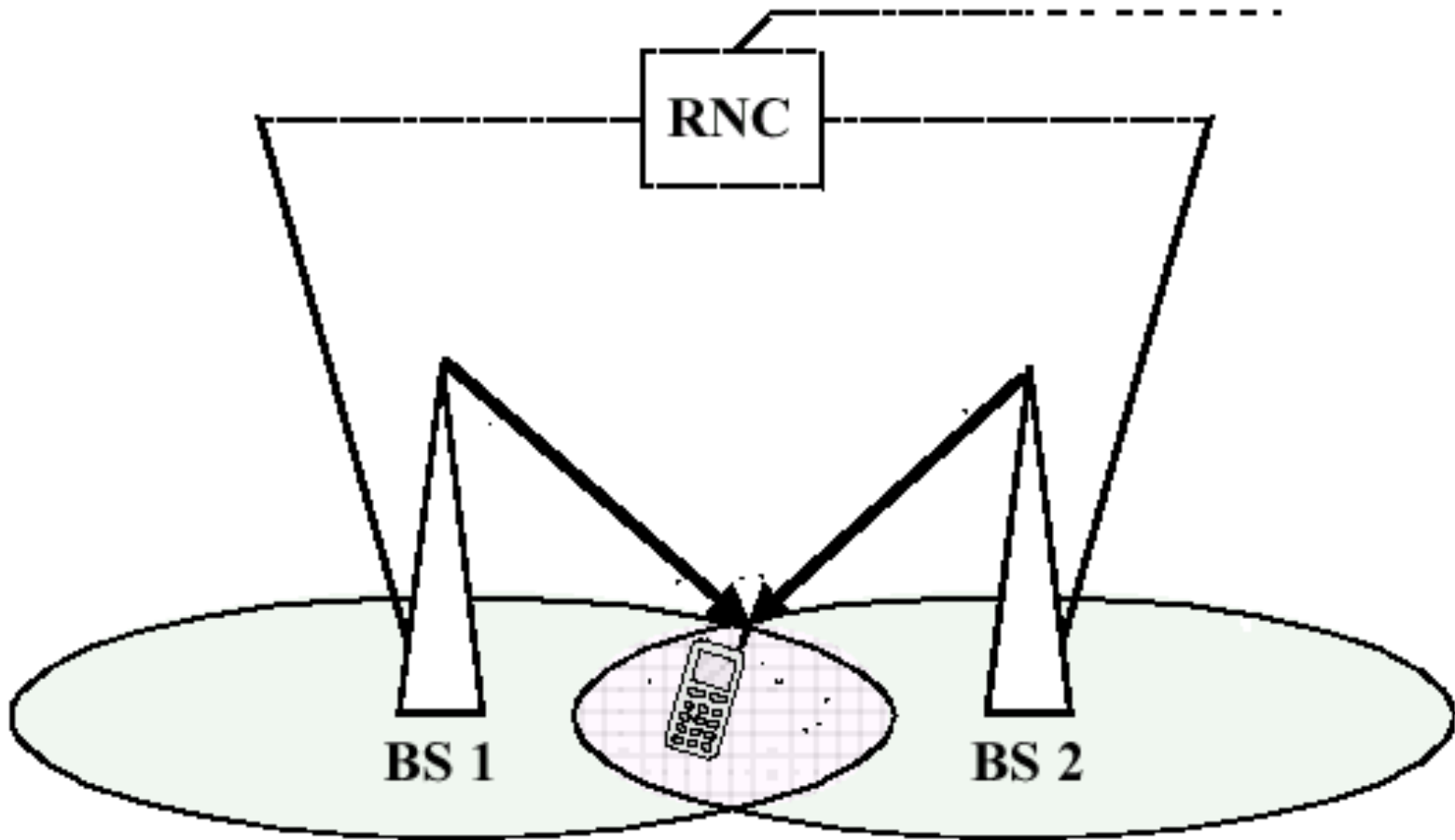






# Le CDMA - Approche cellulaire

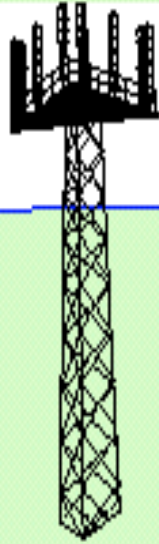
---



# Le CDMA - Approche cellulaire (suite)

---

Code d'embrouillage 1



Station de base 1

Code d'embrouillage 2



Station de base 2



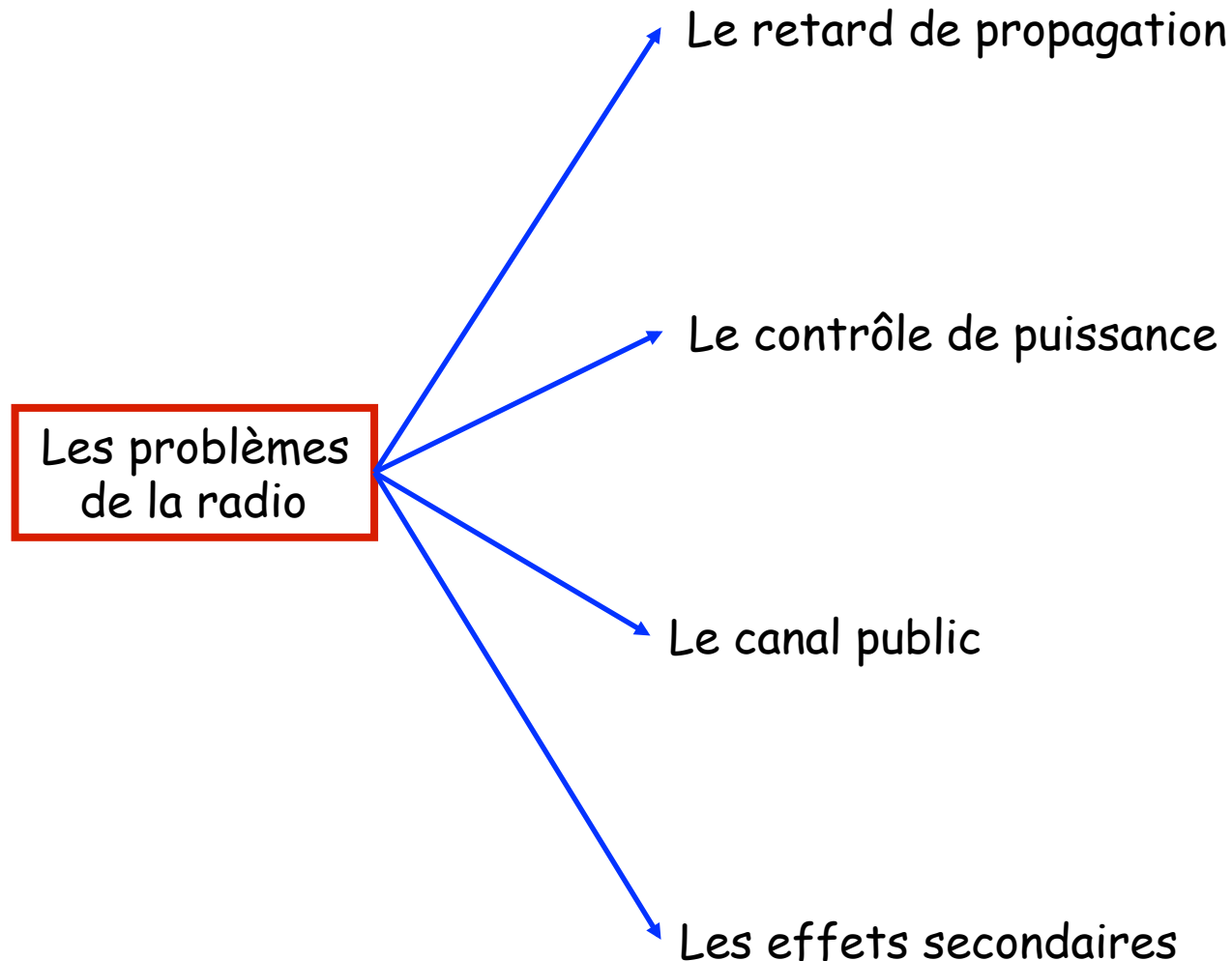
# Plan

---

- Introduction - le RTC;
- Le duplex téléphonique;
- Capacité d'un réseau radio;
- L'accès multiple;
- La technologie radio;

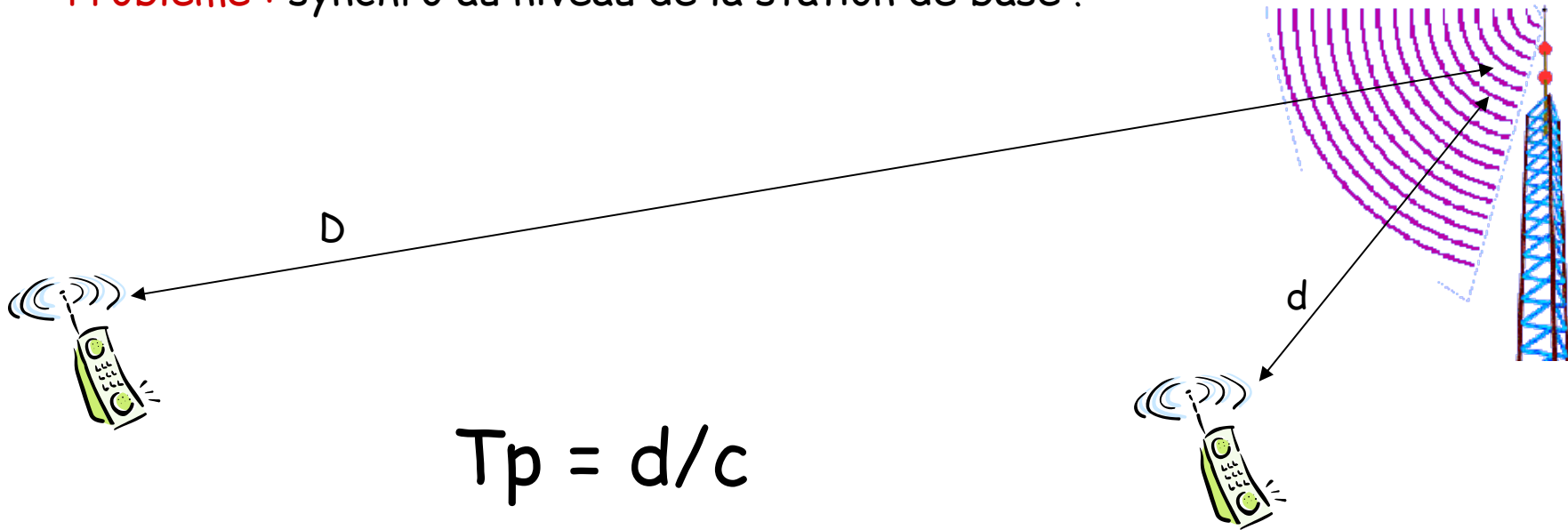
# Les problèmes issus de la radio

---



# Le retard de propagation

**Problème :** synchro au niveau de la station de base !



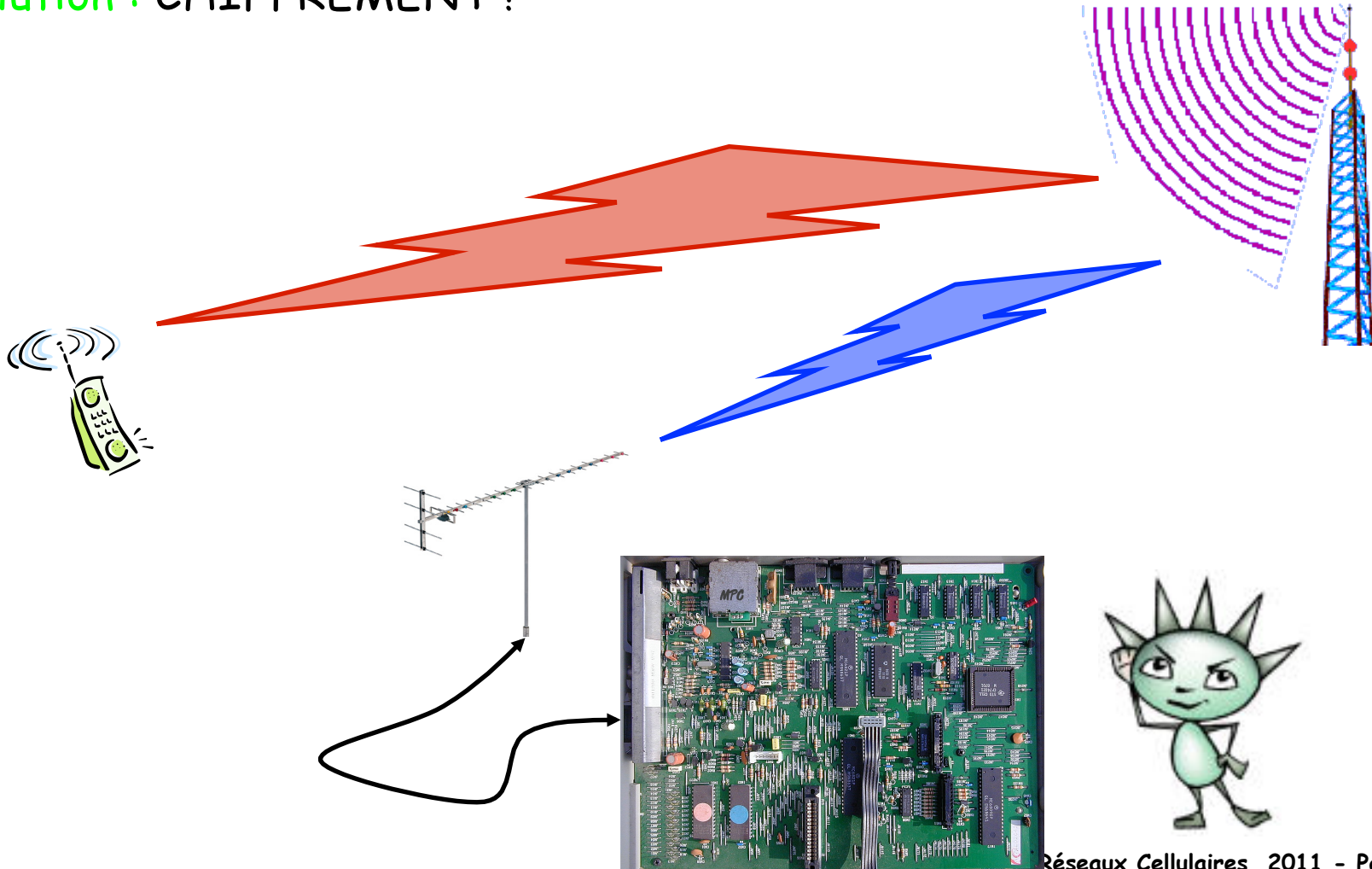
Ex:  $d = 150 \text{ m}$   $T_p = 500 \text{ ns}$   
 $D = 30 \text{ km}$   $T_p = 100 \mu\text{s} !$

**Solution :** gestion du « timing advance »

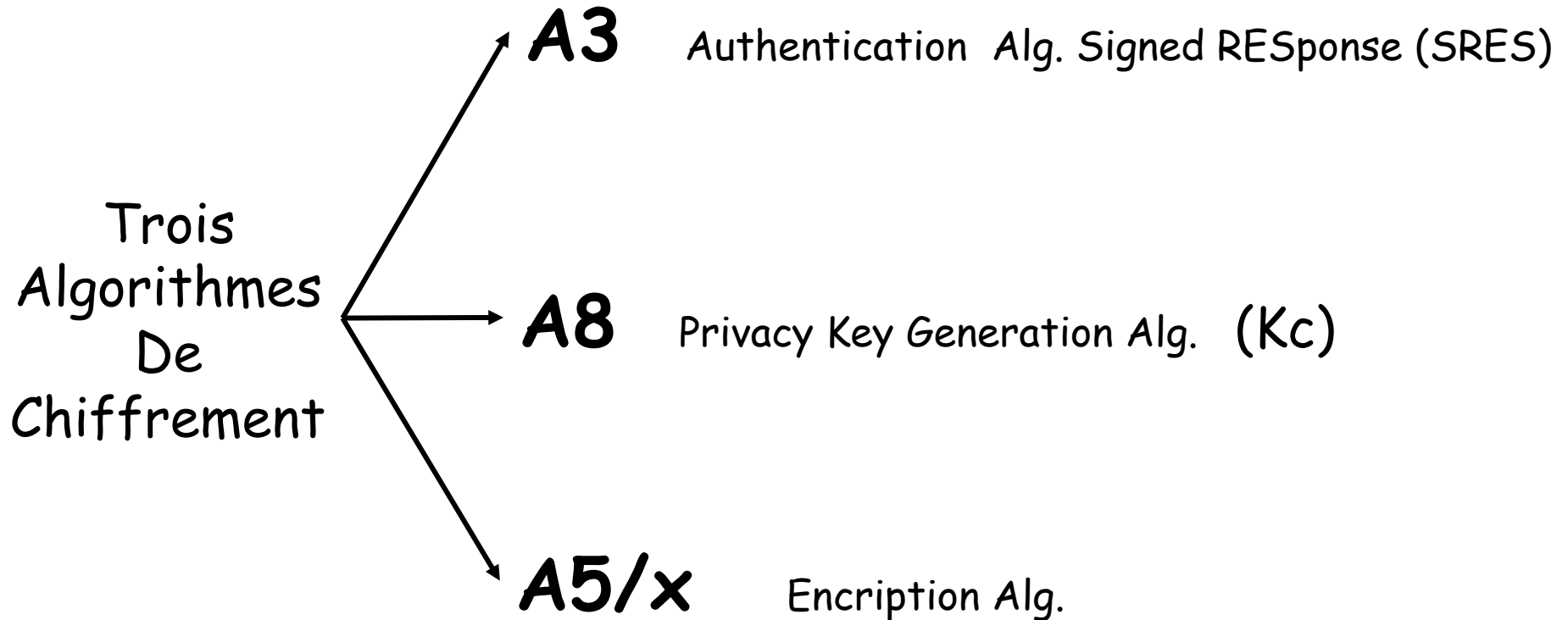


# Le canal public

Solution : CHIFFREMENT !



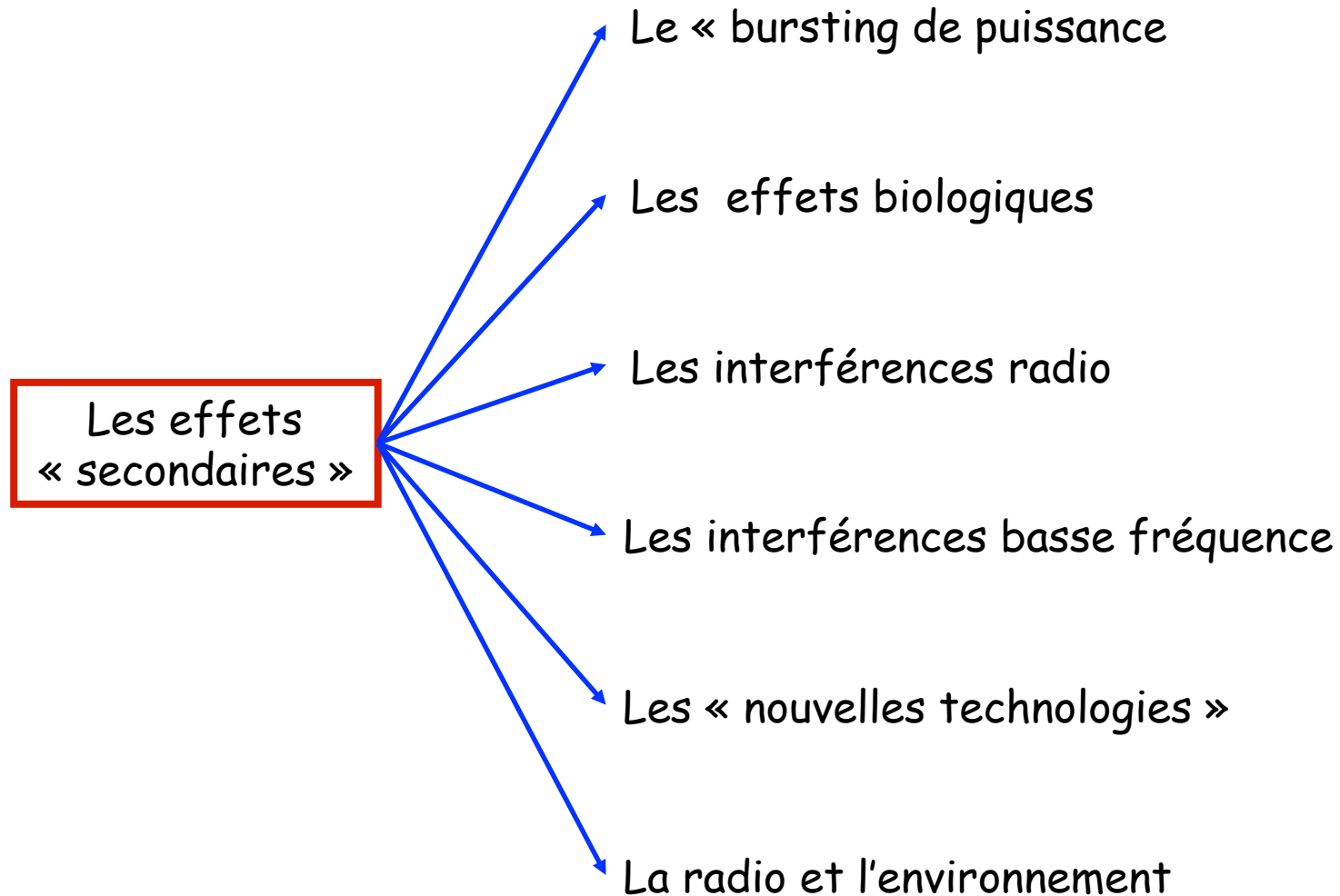
# Exemple : le chiffrement du





# Les effets secondaires

---





# Images de BTS



# L'image du jour (trouver l'erreur)

---



# L'image du jour (suite)

---



