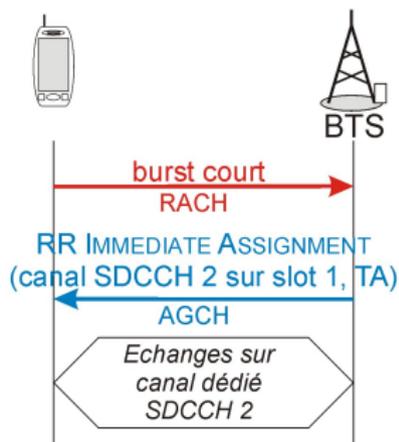
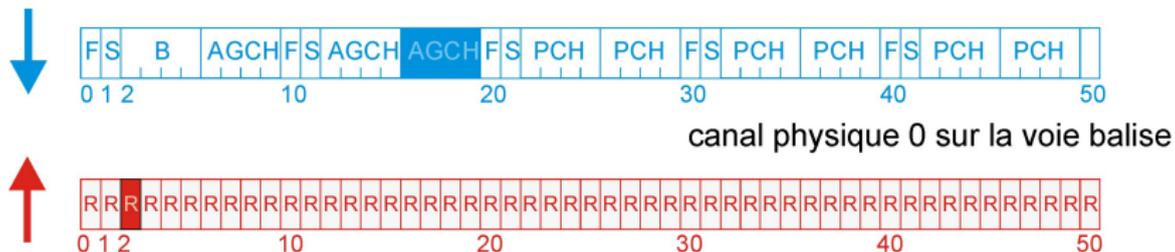
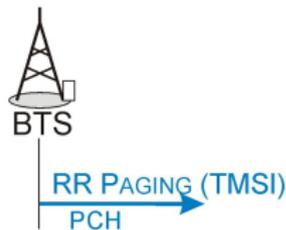
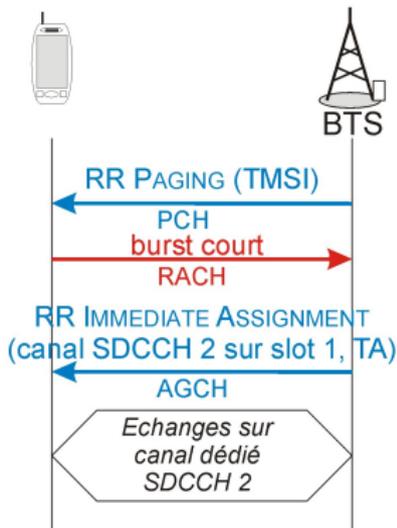
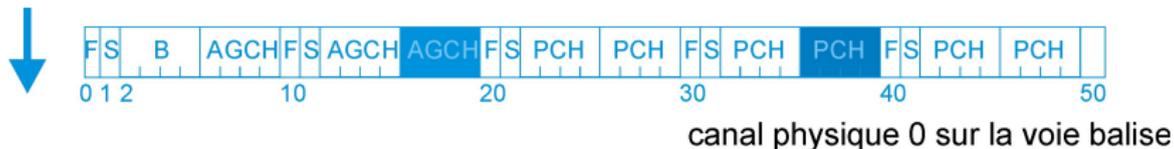


# Principe de l'accès dans GSM (1/2)



S=Synchronisation Channel ou SCH  
B=Broadcast Control Channel ou BCCH  
Access Grant Channel ou AGCH  
Paging Channel ou PCH  
R=Random Access Channel ou RACH

# Principe de l'accès dans GSM (2/2)

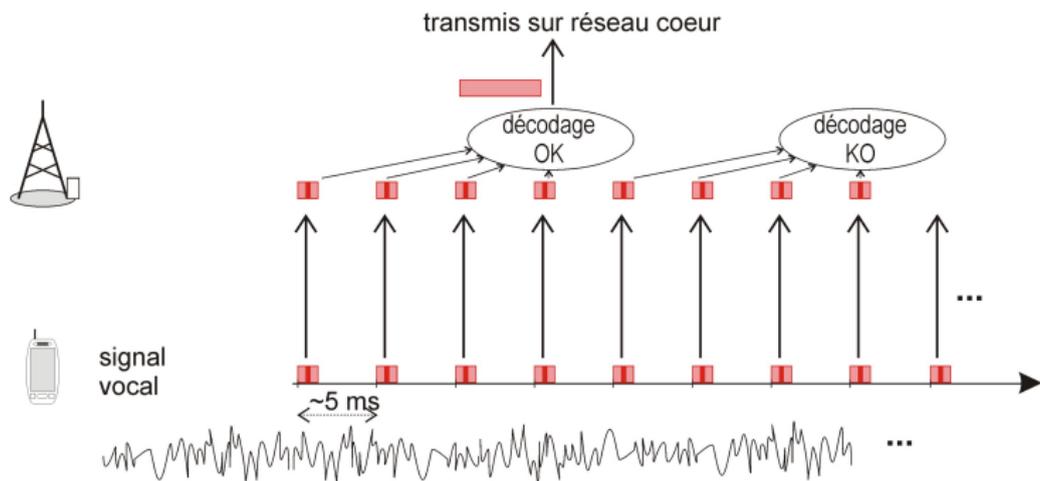


S=Synchronisation Channel ou SCH  
 B=Broadcast Control Channel ou BCCH  
 Access Grant Channel ou AGCH  
 Paging Channel ou PCH

**R=Random ACcess Channel ou RACH**

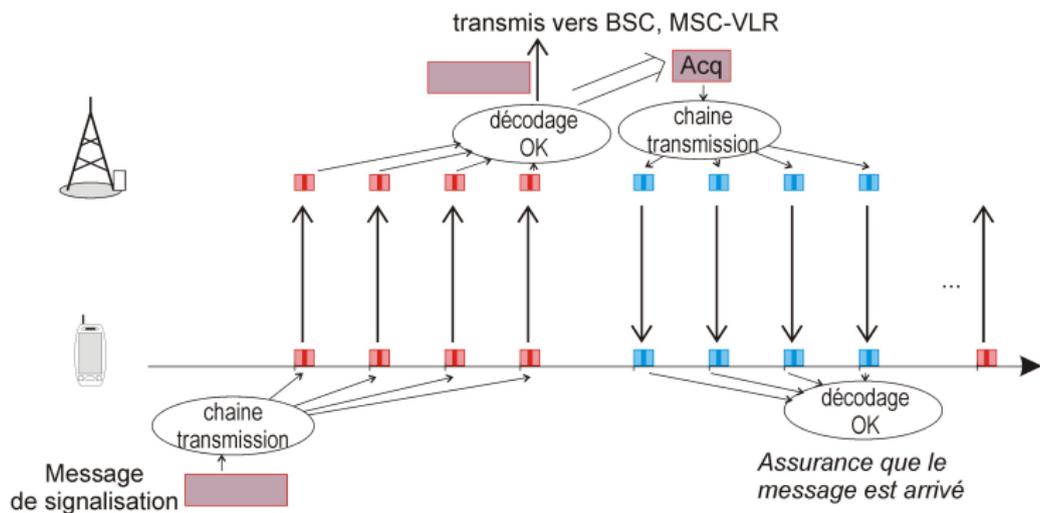
- On retrouve le même principe d'accès dans les autres réseaux cellulaires (UMTS, LTE, ...)
  - accès par transmission d'une séquence courte
  - allocation d'une ressource dédiée
  - phase préalable de paging si c'est le réseau qui veut joindre le terminal
- Mode circuit sur l'interface radio (GSM)
  - allocation de la ressource dédiée sur un longue période
- Mode paquet (GPRS, LTE)
  - allocation de la ressource minimale nécessaire pour transmettre les données
  - accès très fréquents

# Transmission de la voix en cas d'erreur à la réception



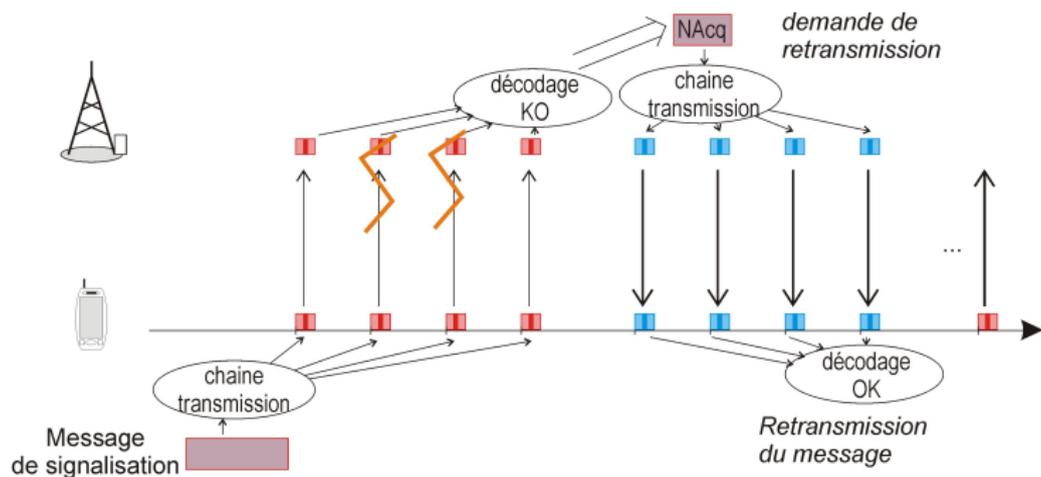
- Parole : si un bloc de parole n'est pas reçu, il... n'est pas reçu !
- La conversation reste compréhensible si quelques blocs isolés sont perdus (typiquement 1%)

# Transmission de la signalisation en cas de réception correcte



- Signalisation : mécanisme d'acquittement du bloc
- L'expéditeur a l'assurance que le message est bien arrivé au récepteur (NB. pas nécessairement au destinataire final)
- Mécanismes identiques sur la voie montante (acquittement descendant) et descendante (acquittement montant)

# Transmission de la signalisation en cas d'erreur à la réception

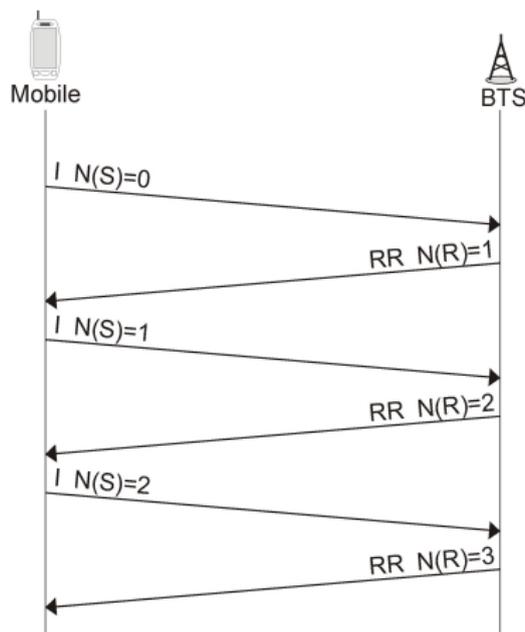


- Signalisation : un message dont l'acquittement n'a pas été reçu est retransmis
  - jusqu'à bonne réception d'un acquittement
  - jusqu'à ce que le nombre maximal de retransmissions soit atteint (en général, coupure de la connexion)

- Protocole de liaison de données ou ARQ (Automatic Repeat reQuest)
  - Voir Mooc Introduction aux réseaux de données
  - Protocole de niveau 2 : entre terminal et station de base (pas entre l'expéditeur et le destinataire final)
- Protocole de type Send And Wait (Envoyer et Attendre)
  - Toutes les données sont envoyées dans des *trames*
  - Envoi d'une trame puis attente de la réception de l'acquittement
  - Si réception d'un acquittement positif, passage à la trame suivante
  - Si non réception d'un acquittement positif (dont réception acquittement négatif), retransmission de la même trame

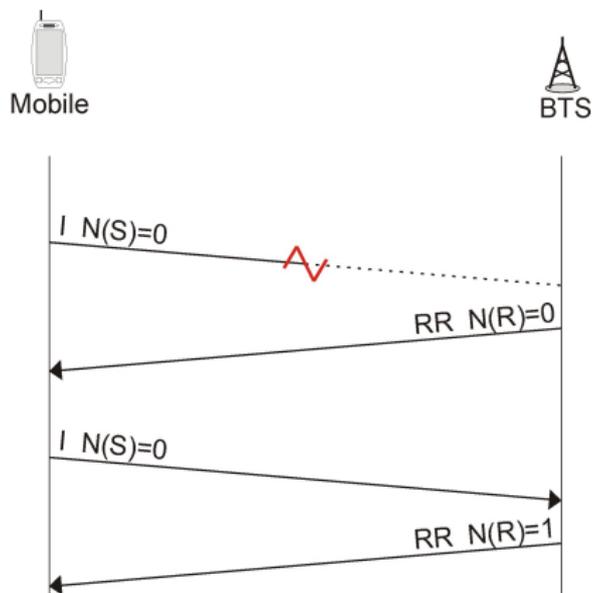
- LAPDm, Link Access Protocol on the Dm channel ( $Dm = \text{SDCCH}, \text{SACCH}$ )
- Protocole hérité du protocole HDLC largement utilisé dans les réseaux
- Numérotation des trames sur 3 bits (0 à 7 modulo 8) dans un champ appelé N(S)
- Numérotation des acquittements sur 3 bits (0 à 7 modulo 8) dans un champ appelé N(R)
- Le champ N(R) indique le numéro de la prochaine trame attendue
  - $N(R)=1$  signifie "je m'attends à recevoir la trame 1 donc j'ai bien reçu la trame 0"

# Scénario LAPDm sans erreur



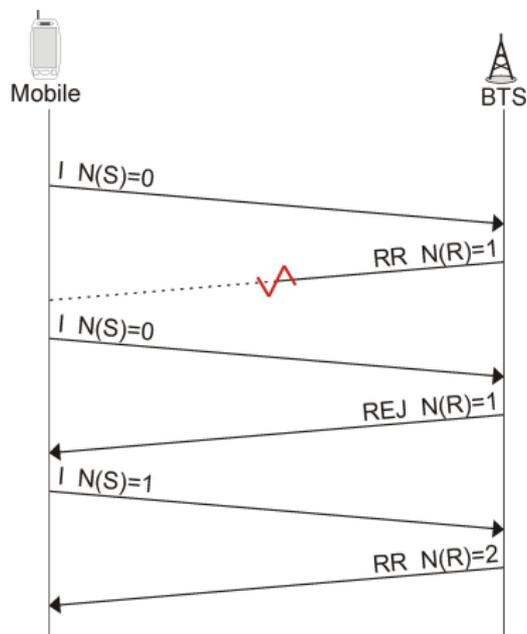
- Incréméntation régulière du numéro de trame  $N(S)$
- Du fait de la bonne réception, le numéro  $N(R)$  est le numéro immédiatement supérieur à  $N(S)$  (modulo 8)

# Scénario LAPDm avec erreur sur une trame



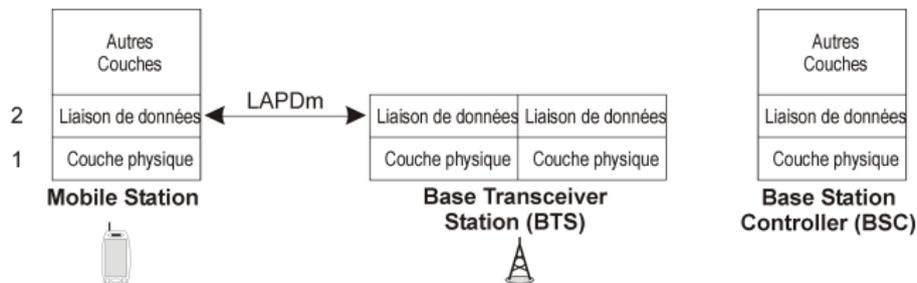
- Retransmission de la même trame

# Scénario LAPDm avec erreur sur un acquittement



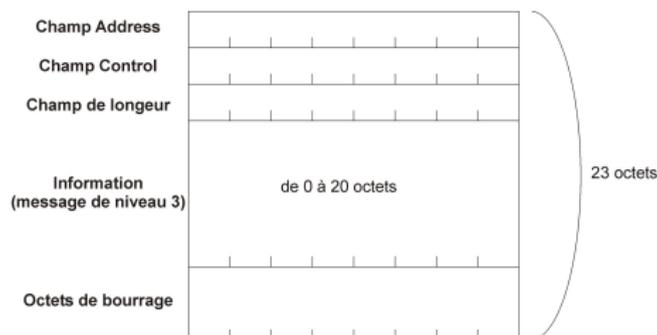
- Retransmission de la même trame

# Fonctionnement et place du LAPDm dans l'architecture



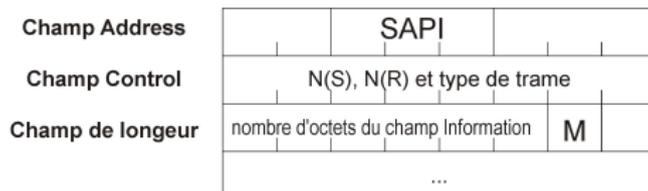
- Couche Liaison de données : protocole LAPDm
- Service rendu : fiabilisation des échanges de messages entre terminal et BTS
- Utilisé sur les canaux dédiés ou associés (SDCCH, FACCH, SACCH)

# Format de la trame LAPDm (1/3)



- Trame limitée à 23 octets (information utile 20 octets)
- Segmentation possible des messages de niveaux 3 en plusieurs trames
- pas de fanion délimiteur mais une indication de longueur
- Pas de code détecteur d'erreur dans la trame LAPDm car il est placé dans la couche physique

# Format de la trame LAPDm (2/3)



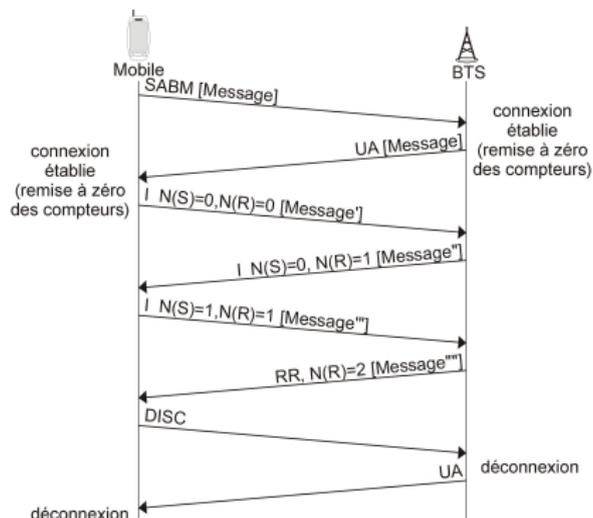
- Champ adresse
  - SAPI, *Service Access Point Identifier*
    - Identifie l'entité utilisatrice supérieure
    - SAPI=0 pour signalisation, SAPI=3 pour SMS
  - autres sous-champs moins importants (non détaillés)
- Champ longueur
  - nombre d'octets du champ d'information (0 à 20)
  - bit M, *More*, utilisé pour la segmentation et le réassemblage
    - M=1, la trame suivante contient la suite du message de niveau 3
    - M=0, dernière partie du message de niveau 3 (ou message non segmenté)
  - autres sous-champs moins importants (non détaillés)

# Format de la trame LAPDm (3/3)

		8	7	6	5	4	3	2	1
Trames d'information	I	N(R)				N(S)			0
Trames S de Supervision	RR	N(R)				0	0	0	1
	RNR	N(R)				0	1	0	1
	REJ	N(R)				1	0	0	1
Trames U Non Numérotées	SABM	0	0	1		1	1	1	1
	DM	0	0	0		1	1	1	1
	DISC	0	1	0		0	0	1	1
	UA	0	1	1		0	0	1	1

- Mêmes format du champ Control que pour le protocole HDLC standard
- Trame d'information I
- Trames de supervision, RR=Receiver Ready (acquittement), RNR=Receiver Not Ready, REJ = Reject
- Trames non numérotés , SABM=Set Asynchronous Balanced Mode (établissement de connexion), UA=Unnumbered Acknowledgement, Disc=Disconnect (demande de déconnexion), DM = Disconnect Mode

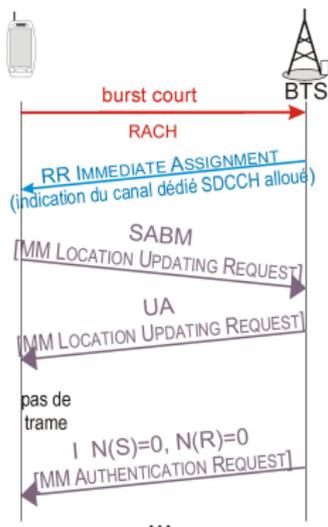
# Etablissement et libération de connexion avec LAPDm



## ● Spécificités du LAPDm

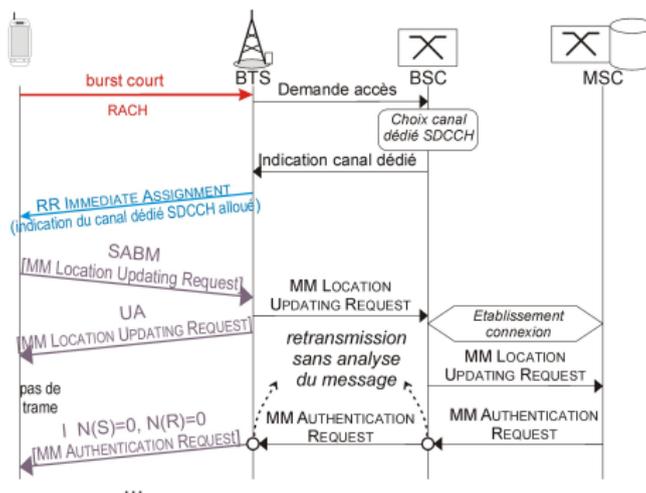
- La trame d'établissement de connexion SABM peut contenir un message de niveau 3
- La réponse UA contient le même message en écho

# Etablissement de canal dédié puis connexion LAPDm



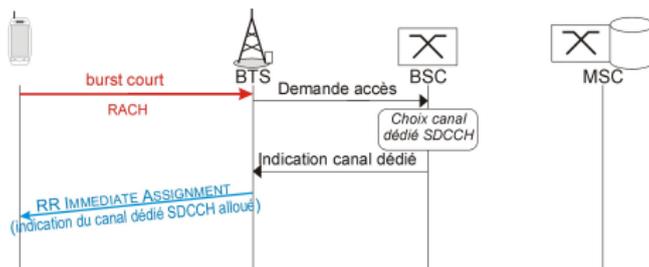
- Dès l'allocation d'un canal dédié, une connexion de niveau 2 est établie entre le terminal et la BTS
- Les messages de niveau 3 sont ensuite échangés sur la connexion de niveau 2

# Exemple de mise en oeuvre du concept de Non Access Stratum



- Toute trame émise par un terminal sur un canal dédié est retransmise par la BTS avec l'indication du canal dédié (et réciproquement pour le sens descendant)
- Une connexion, spécifique au terminal, est établie entre le BSC et le MSC
- NAS, *Non Access Stratum*
  - messages échangés entre le terminal et le MSC
  - retransmission sans analyse du message par la BTS et le BSC

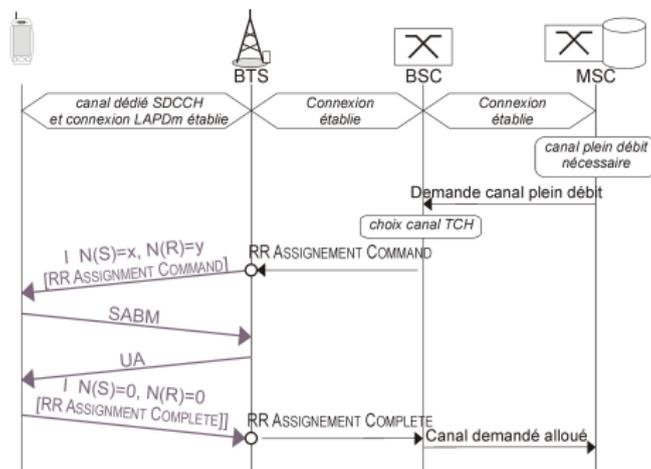
# Exemple de mise en oeuvre du Concept d'Access Stratum



## ● AS, Access Stratum

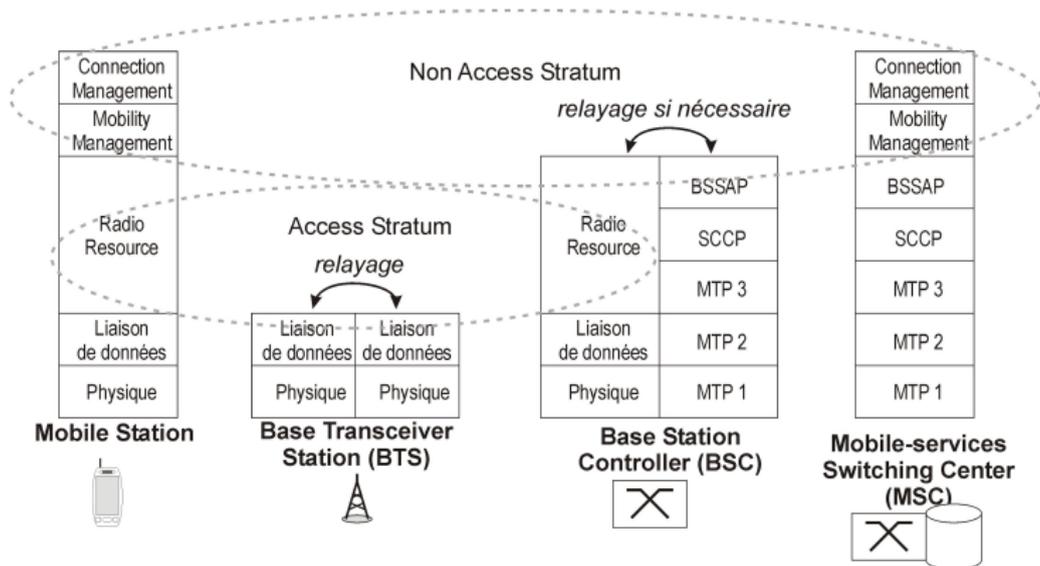
- messages échangés entre le terminal et le BSC
- retransmission sans analyse du message par la BTS
- exemples : allocation de ressource radio initiale, allocation d'une nouvelle ressource radio, handover

# Autre exemple de message d'Access Stratum



- Exemple d'échange de messages AS, *Access Stratum* entre des échanges NAS
- Lors d'un appel téléphonique :
  - échange de signalisation sur le SDCCH (authentification, activation du chiffrement) = messages NAS
  - allocation d'un canal plein débit TCH : message d'allocation = message AS
  - l'échange de messages AS n'est pas vu du MSC

# Retour sur les piles protocolaires dans le réseau d'accès

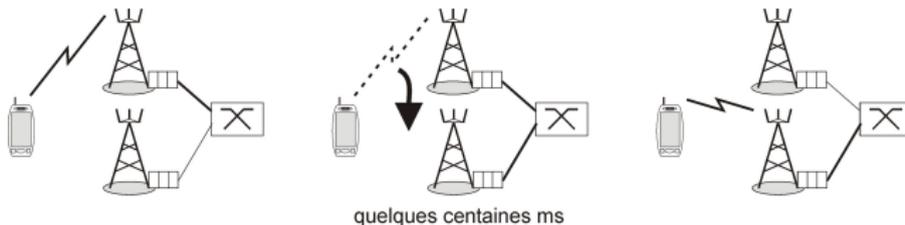


- Utilisation de la signalisation sémaphore sur l'interface A entre BSC et MSC
  - MTP, Message Transfer Part (MTP 1 à MTP 3)
  - SCCP, Signalling Connection Control Part en mode connecté
- BSSAP, Base Station Subsystem Application Part, échange de commande entre MSC et BSC (principalement)

- Handover ou Hand-off (US) = Changement de cellule en cours de communication (ou de session)
- Mesures par le mobile sur la station de base courante et les stations de bases voisines (niveau de puissance, d'interférences, etc.)
- Transmission régulière ou sur critère des mesures vers l'infrastructure
- Mesures par l'infrastructure
- Dès qu'il est considéré comme nécessaire de faire un handover
  - réservation des ressources par le réseau
  - envoi de la commande de handover

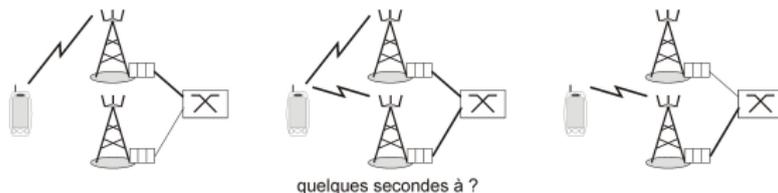
# Hard Handover

- Hard-handover = une seule liaison radio à chaque instant entre le terminal et la station de base
- coupure de la liaison avec la station de base courante
- établissement de la liaison avec la nouvelle station de base courante
  - micro-coupure de la communication
- mais possibilité d'avoir une double connexion au sein du réseau (hors liaison radio)
  - simplicité et faibles ressources consommées dans le réseau
  - mobile pas toujours connecté à la meilleure cellule (hystérésis pour éviter un effet ping-pong)



# Soft Handover

- Soft-handover = plusieurs liaisons radios possibles (i.e. entre le terminal et plusieurs stations de base)
- continuité de la communication (seamless handover)
  - confort d'utilisation pour les communications vocales
  - absence de perte d'information pour les transmissions de données en mode circuit
- continuité importante dans un approche "circuit" mais beaucoup moins dans une transmission par paquet, par essence discontinue
- Mobile est connecté à plusieurs stations de base :
  - le mobile est connecté à la meilleure station de base même en cas de variation rapide du signal
- Consommation de ressources dans le réseau d'accès
  - considéré comme un must dans les années 90 mais abandonné dans les systèmes cellulaires 4G

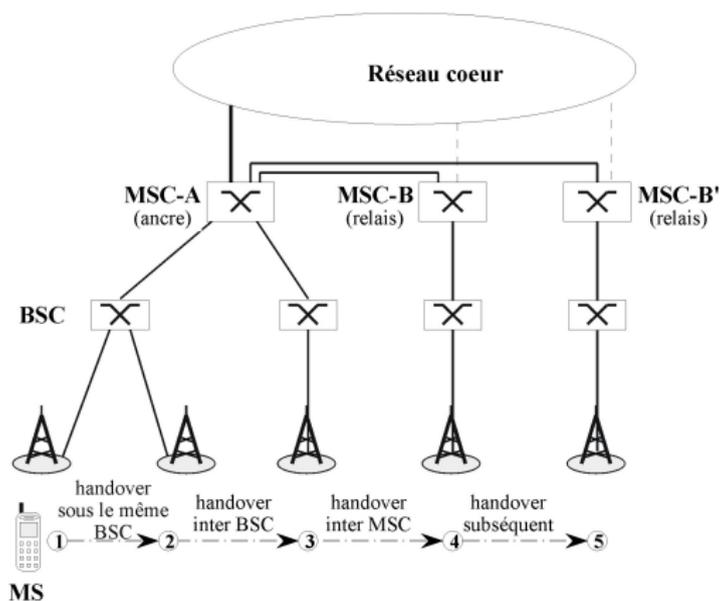


# Caractéristiques du handover dans GSM

- hard-handover
- remontée périodique de mesures radios par le terminal dès qu'un canal dédié est alloué (communication, SMS, etc.)
- Algorithme de décision
  - dans le BSC
  - choix de l'opérateur mais avec une proposition d'algorithme dans la norme
- Handover inter-cellulaire
  - lorsque le mobile s'éloigne de la BS
  - pour des questions d'équilibre de charge

# Différents cas de handover dans le réseau

- Le MSC qui a établi la communication garde toujours le contrôle de la communication : notion de MSC-ancre ou MSC-Anchor
- Passage de la communication par un deuxième MSC : MSC-relais ou MSC-relay

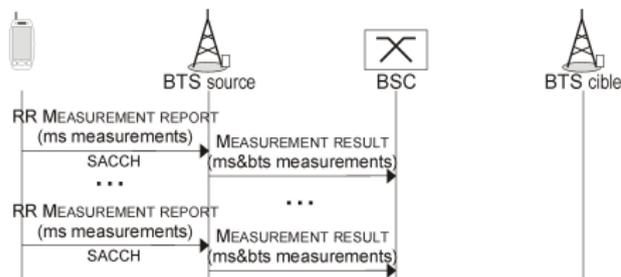


# Phases d'un handover

- Phase d'observation (dès qu'il y a un canal dédié alloué dans GSM)
  - Mesures faites par la station de base sur la communication courante
  - Mesures faites par le mobile
    - sur la communication courante
    - sur les voies balises des cellules voisines
  - → Déclenchement du handover
- Phase de préparation (handover preparation)
  - Réserve des ressources dans le réseau (radio, sur liaisons entre équipements)
  - Echange de signalisation entre équipements (stations de base principalement) du réseau → non visible du terminal
- Phase d'exécution (handover execution)
  - Echanges de messages avec le terminal sur l'ancienne puis la nouvelle cellule
- Phase de finalisation (handover completion)
  - Libération des ressources non utilisées dans le réseau
  - Echange de signalisation entre équipements =  $\bar{c}$  non visible du terminal

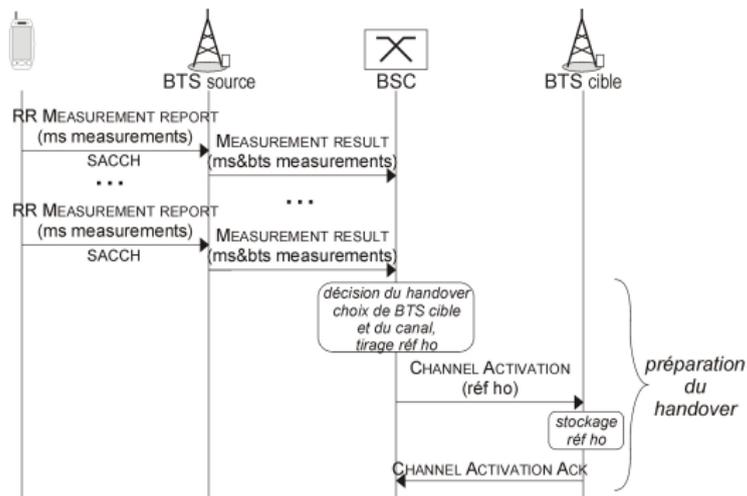
# Phase d'observation

- Le Mobile la MS effectue les mesures suivantes :
  - sur le canal courant,
    - le niveau de signal reçu (noté RXLEV),
    - la qualité du signal reçu (notée RXQUAL, liée au taux d'erreur bit).
  - Sur les voies balises des cellules voisines (selon déclaration par chaque station de base)
    - le niveau de signal reçu (noté RXLEV),
- Sélection des 6 meilleurs voisins et transfert des mesures
  - Mesures transmises sur le canal SACCH toutes les 480 ms.
  - Analyse par le BSC (filtrage ou pré-traitement possible dans la BTS)



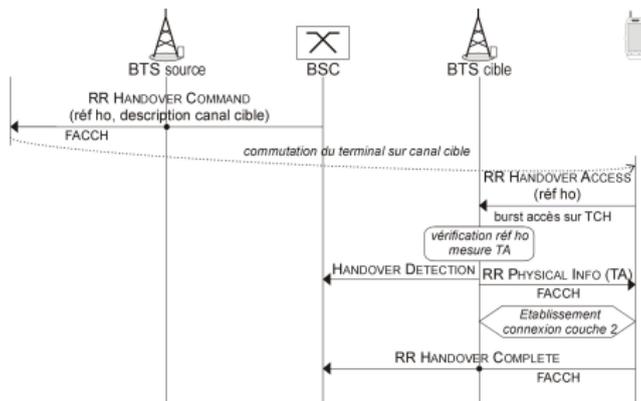
# Phase de préparation

- Cas d'un handover d'une BTS à une autre BTS contrôlé par le même BSC
- Réserve d'un canal sur la nouvelle BTS (par exemple un canal physique pour supporter un TCH/SACCH)



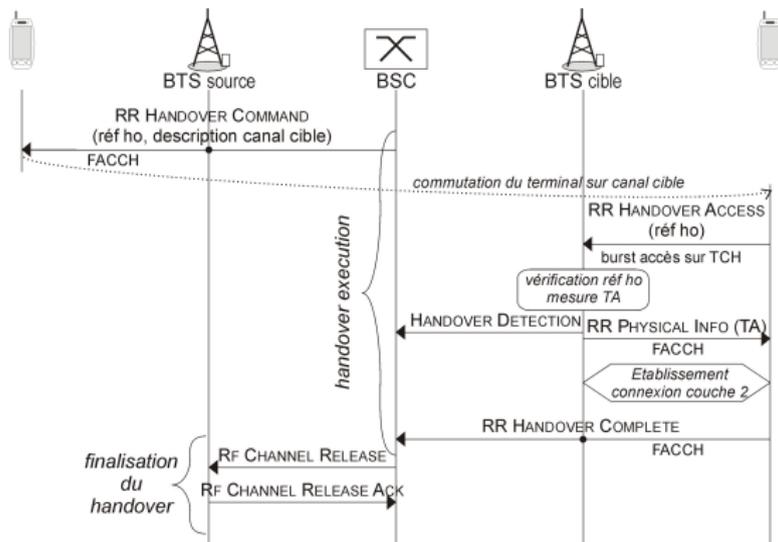
# Exécution du handover

- Envoi d'un message **HANDOVER COMMAND** contenant
  - la description complète du canal alloué sur la nouvelle cellule : numéro de slot, fréquence (ou paramètres de la séquence de saut), type de canal, . . .
  - un numéro de référence
- Le mobile fait un accès (émission d'un burst d'accès court) qui contient le même numéro de référence
  - vérification du numéro de référence par la BTS
- Réétablissement des connexions de niveau 2
- Lorsque le message **RR HANDOVER COMPLETE** (couche 3) est reçu par le BSC, tous les échanges (signalisation, communication vocales) peuvent reprendre via la station de base cible



# Finalisation du handover

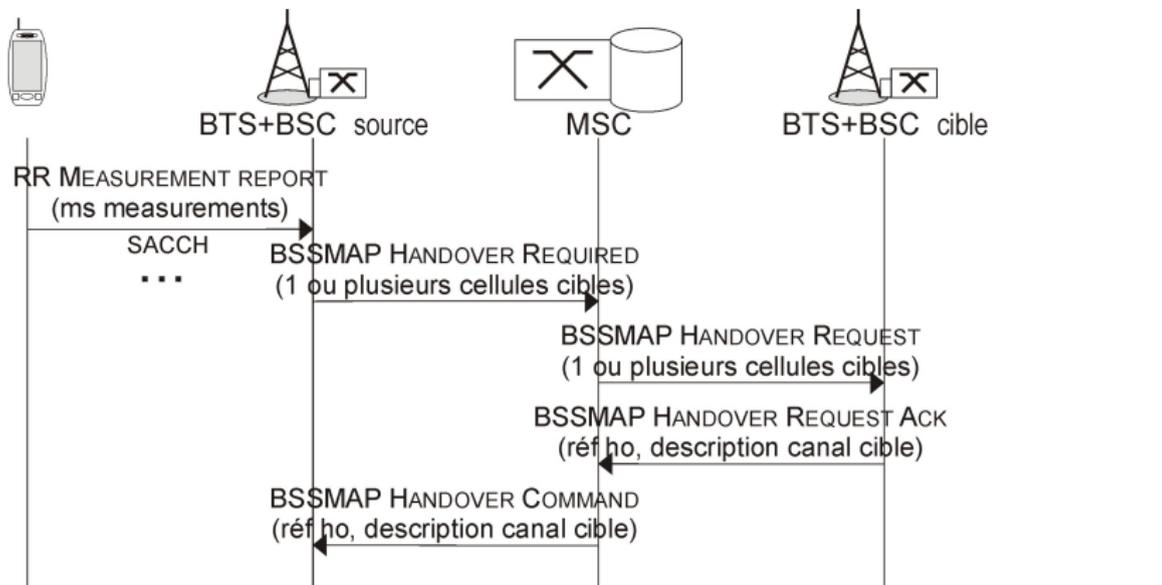
- Libération des ressources sur l'ancienne cellule (qui peuvent être utilisées pour une nouvelle communication)



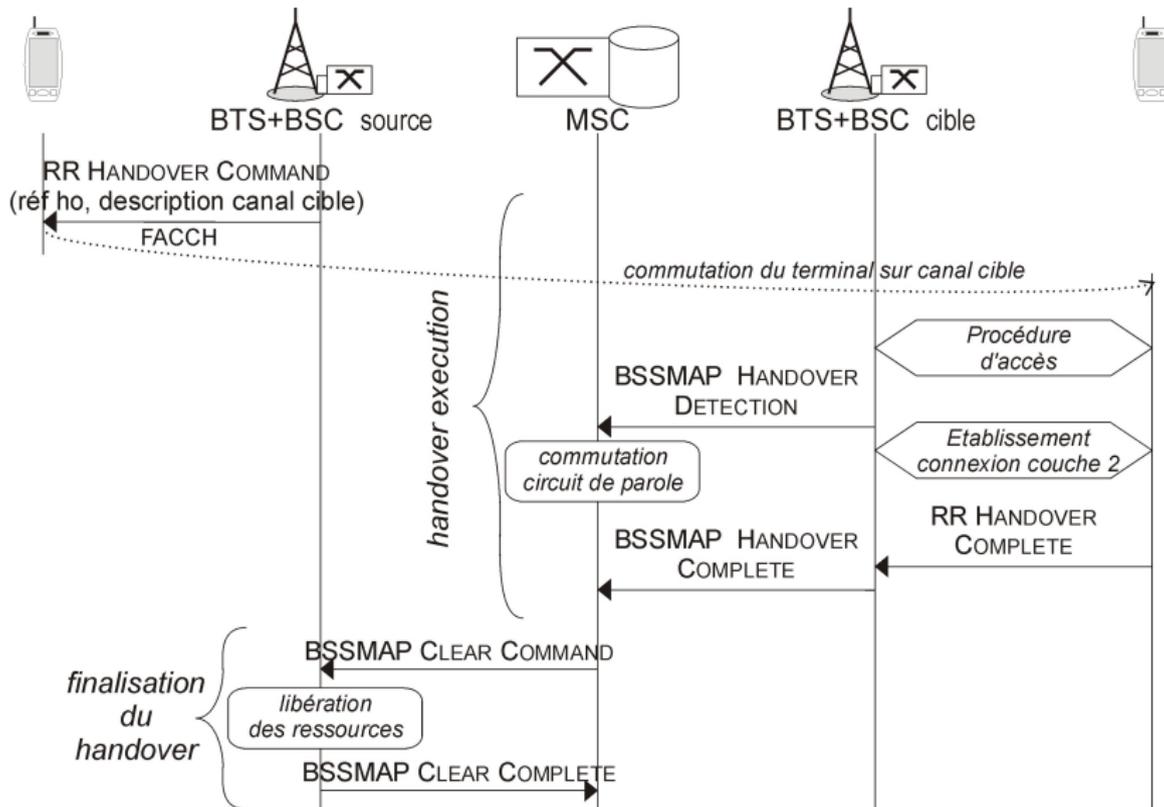
# Autres cas de handover dans GSM

- C'est toujours le BSC qui décide du handover Le BSC prépare le handover en échangeant des messages avec le BSC cible pour que les ressources radio soient réservées dans la cellule cible
- Le BSC prépare le handover en échangeant des messages avec le BSC cible pour que les ressources radio soient réservées dans la cellule cible
- Le MSC n'intervient pas dans les cas de handover intra-BSC,
- Le MSC ou les MSC sont transparents par rapport aux dialogues BSC-BSC
- Le protocole ISUP est utilisé pour modifier les circuits de parole dans le dialogue MSC-MSC

# Handover inter-BSC, phase de préparation



# Handover inter-BSC, phase d'exécution et finalisation



# Le handover, une opération délicate

- Importance d'un bon algorithme bien paramétré
  - ne pas déclencher le handover trop tôt
  - ne pas déclencher le handover trop tard
- Nécessité de disponibilité de ressources radios dans la cellule cible
  - Mobile gardé sur la cellule origine (si possible!)
  - Choix d'une autre cellule cible (si possible!)