



Question Radio Mobile

TD

Exercice 1

Exercice 2

Exercice 4

Exercice 5:

Remarque:

Exercice 6

Examen 2023

Exercice 1

Exercice 2

Exercice 3

Exercice 4

Examen 2022

Exercice 1

Exercice 2

Exercice 3

Examen 2013

Examen 2012

Questions:

TD

Exercice 1

▼ Les réseaux cellulaires sont en général basés sur des motifs à 9, 12 ou plus cellules par motif. Expliquer comment le nombre de cellules par motif peut agir sur le trafic écoulé dans un réseau cellulaire.

- Soit N_{freq} : Nombre total de fréquences allouées à un opérateur donné

K : Taille du motif

Nombre de fréquences par cellule:

$$N_{f/cell} = \frac{N_{freq}}{K}$$

- Plus K augmente $\rightarrow N_{f/cell}$ diminue \rightarrow le trafic écoulé décroît \rightarrow Capacité réduite
- Plus K diminue $\rightarrow N_{f/cell}$ augmente \rightarrow Le trafic augmente \rightarrow capacité augmente
- Un motif est réutilisé chaque $D = \sqrt{3KR}$
Si
 K diminue $\rightarrow D$ diminue \rightarrow fréquences réutilisées s'approchent de plus en plus \rightarrow Niveau d'interférence co-canal va augmenter \rightarrow Qualité dégradée
 \Rightarrow Compromis Capacité et Qualité

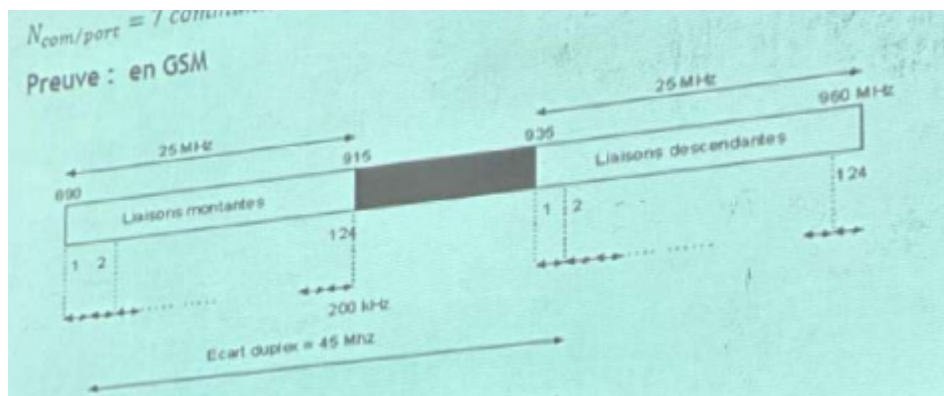
Exercice 2

▼ Étant donné que le nombre de porteuses est de 124 en GSM et que le nombre de communications simultanées par porteuse est de 7, Calculer la capacité minimale de GSM, en termes de communications simultanées totale

$$N_{fréquences} = 124 \text{ porteuses}$$

$$N_{com/port} = 7 \text{ communications simultanées}$$

Preuve: en GSM



Avec la largeur d'une porteuse est $\Delta_b = 200 \text{ kHz}$

$$N_{freq} = B_p / \Delta_b \Rightarrow N_{freq} = 25 / 0,2 = 125 \text{ porteuses}$$

$$125 - 1 = 124 \text{ porteuses}$$

GSM \rightarrow TDMA/FDMA \rightarrow Une porteuse, une trame TDMA de 8 IT

π_0 : Réservé pour les informations système

Soit

N_{com} : Nombre total de communications simultanées (minimal)

$$N_{com} = N_{com/port} \times N_{freq} = 7 \times 124 = 868 \text{ Communications simultanées}$$

- Un motif à 4 → K=4 cellules
- ▼ a). Calculer la distance de réutilisation de fréquence en fonction du rayon R de cellule

$$D = \sqrt{3K} * R = 2\sqrt{3} * R$$

- ▼ b). Donner le nombre de porteuses par sous-bandes

Nombre de porteuses par sous-bande = Nombre de porteuses par cellule = $N_{port/cell} = \frac{124}{4} = 31$

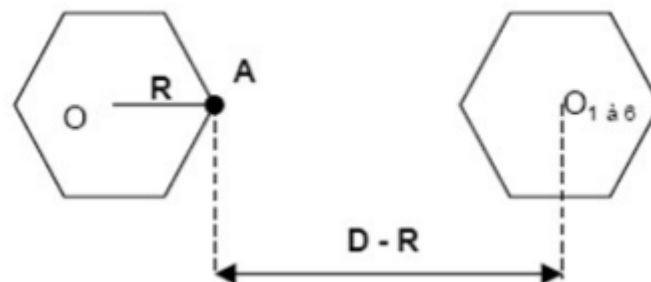
- ▼ c). Déterminer la capacité instantanée de chaque cellule, en termes de communications simultanées

Capacité de chaque cellule = communications simultanées = $31 * 7 = 217$

- ▼ d). Quelle sera la capacité du système si le motif est répété 10 fois ?

N total = C cell * K * 10 = $217 * 4 * 10 = 8680$

Exercice 3



R étant le rayon de cellule et D est la distance de réutilisation.

- ▼ Donner l'expression de la puissance du signal utile reçu par un mobile situé en A.

Soit C puissance reçue par un MS situé à A

$$C = P_r = P_e k \frac{\lambda^2}{R^\alpha} a_{Fading} a_{Shadowing}$$

- ▼ Donner l'expression de la puissance des signaux interférant (brouilleurs)

Soit I puissance des signaux interférents

$$I(\text{Watt}) = 6P_e k \frac{\lambda^2}{(D-R)^\alpha} a_{Fading} a_{Shadowing}$$

▼ En déduire l'expression du rapport C/I.

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{6} \left(\frac{D-R}{R} \right)^\alpha$$

Parce que 6 directions peuvent avoir la même fréquence puisque la cellule est en forme hexagonale!

▼ Exprimer C/I en fonction de N taille du motif. Interpréter le résultat.

$$D = \sqrt{3NR} \Rightarrow \frac{C}{I} = \frac{1}{6} [\sqrt{3N} - 1]^\alpha$$

- Si N augmente, $\frac{C}{I}$ augmente → signal utile est amélioré → Meilleure qualité
- Si N diminue, $\frac{C}{I}$ diminue → Interférence est plus importante → Qualité dégradée

Exercice 4

Soit un réseau GSM formé de cellules hexagonales de rayon R. La distance D de réutilisation des fréquences est liée à la taille du motif par $\frac{D}{R} = \sqrt{3N}$, avec N nombre de cellules dans le motif. On suppose que l'affaiblissement varie selon la distance selon d^{-4} .

▼ Si N=4, calculer le nombre de porteuses GSM qu'un opérateur disposant de 12.5MHz peut en théorie attribuer à chaque cellule.

Si N=4, $N_{Porteuse/Cellule} = \frac{B_p}{\Delta_b} \frac{1}{N}$ or $B_p = 12.5\text{MHz}$ et $\Delta_b = 200\text{kHz}$ (ne change pas en GSM)

▼ Estimer le nombre maximal d'abonnés qu'il peut espérer accueillir dans une cellule sachant qu'un abonné moyen a un trafic de 0.03E à l'heure.

$\rho_{ab} = 0.03E$ à l'heure: trafic moyen par abonné

Soit $N_{ab} = \frac{1}{N} \frac{1}{\Delta_b} k \lambda \frac{1}{T}$ avec $N = 4$; $\Delta_b = 0.2\text{MHz}$,

k : nombre de communication par porteuse = {7 communications (trame TDMA)}

λ : Trafic par porteuse → $\lambda = k \rho_{ab} = k.T$

T : Trafic moyen par abonné → $T = \rho_{ab} = 0.03E$

$$\Rightarrow N_{ab} = \frac{1}{N} \frac{1}{\Delta_b} k^2$$

▼ Le rayon R ne pouvant être inférieur à 350 m, combien d'abonnés cela représente-t-il dans une ville de forme approximative circulaire de rayon RP - 6 km. Commenter brièvement ce résultat.

Soit $R_{min} = 350m$ rayon minimal par cellule

$R_p = 6km$: rayon de la ville

πR_{min}^2 : surface de la zone

Capacité en nombre d'abonnés par

$$km^2 : C_{sub} = \frac{N_{ab}}{\pi R_{min}^2}$$

$$\text{Nombre de cellules dans la zone: } N_{cell} = \frac{\pi N_p^2}{\pi R_{min}^2}$$

$$N_{ab/zon} = N_{Cell} C_{sub} = \frac{N_{ab}}{\pi R_{min}^4} R_p^2$$

- Si R_{min} augmente:
 - Config en cellule de grande taille (macro-cellule)
 - N_{ab} diminue
- Si R_{min} diminue:
 - petite cellule
 - N_{ab} plus importante

⇒ Ce qui prouve le déploiement des cellules de petite taille dans les zones denses et celles de grandes tailles dans les zones à faible densité de trafic.

Exercice 5:

- ▼ Quel est le problème si le nombre de cellules par zone de localisation (LA) est très élevé ?

Si le nombre de cellules par zone de localisation augmente, le trafic de signalisation de type recherche des abonnés va augmenter. ce qui est coûteux pour le réseau et épuisant pour la batterie du mobile.

→ On risque d'avoir des déclenchements de mise à jour de localisation (BCCH) inutiles, parce que le mobile est encore dans la même zone à cause de l'augmentation de la durée de séjour dans les cellules de la même zone.

- ▼ Expliquez les deux processus de gestion de mobilité pour le système GSM : Localisation et recherche du mobile (paging)

Ces deux principes sont opposés mais complémentaires:

- Paging: la cellule fait le balayage de sa zone pour découvrir les utilisateurs présents, gérée par un canal PCH (Paging Channel DL), émettre les appels sur toutes les cellules du système.
- Mise à jour de localisation: connaître à tout moment la localisation du mobile \Rightarrow possible grâce à une voie balise BCCH (Broadcast Control Channel DL)

▼ Quels sont les facteurs ayant l'impact sur la taille d'une cellule ?

La taille de cellules dépend du trafic à écouter \Rightarrow détermination des zones d'interférence et utilisation de la théorie de graphes.

- Pico-cellules: $R < 1km \Rightarrow$ zone à très fort trafic
- micro-cellules: $1km < R < 3km \Rightarrow$ zone péri-urbaine
 \Rightarrow utilisé pour les zones denses
- macro-cellules: $3km < R < 5km \Rightarrow$ zone rurale

Si R diminue, D diminue \Rightarrow capacité augmente et la qualité diminue, puissance d'émission augmente

Petites cellules visent capacité

Grandes cellules visent couverture

▼ Pourquoi faut-il avoir une partie de recouvrement commun entre les cellules ?

Il faut avoir une partie de recouvrement commun entre les cellules afin d'assurer et garantir la continuité de la communication.

▼ Un mobile peut-il capter la même fréquence venant de deux stations de base ?

Oui, le mobile peut capter la fréquence venant de 2 stations de base: interférence co-canal \rightarrow système à réutilisation de fréquence.

▼ Comment un mobile choisit-il la station de base parmi les stations de bases candidates ?

Critère de qualité minimale requise:

- Puissance d'émission
- Niveau d'interférence

En effet, le mobile effectue des mesures sur sa station de base courante et les stations de base voisines.

Ces mesures nécessitent que le mobile soit en mode actif.

La MS effectue les mesures (P_r) sur le lien descendant:

- Si $Pr_{serveuse} > Pr_{seuil}$: Pr_{seuil} critère de qualité de service → Bonne qualité
- Sinon → dégradation de la qualité de service

On fait recours alors à la liste des BS voisines: $\{Pr\}$ voisines $1 \rightarrow 6$ $Pr_{O_1} > Pr_{v_1} \dots$

Remarque:

Plus que les stations voisines augmentent, plus les signaux de signalisation augmente et plus la consommation d'énergie est importante

S'il existe un BS voisine BS_{v_i} :

- $Pr_{v_i} > Pr_{seuil}$
- $Pr_{v_i} > Pr_{serveuse} + HOM$: Marge d'hystérésis → Pour éviter l'effet de ping pong

⇒ On passe à la phase de décision

Exercice 6

- ▼ Comment le réseau peut-il authentifier un abonné dans GSM ?

Le réseau identifie son abonné en GSM par: MSISDN/IMSI/TMSI

- ▼ Pourquoi faut-il utiliser le TMSI à la place de l'IMSI pour l'identifiant de l'abonné?

Il faut utiliser TMSI à la place de IMSI pour des raisons de sécurité car TMSI est une identité temporaire alloué au mobile qui sert à évite le clonage et le pistage.

- ▼ Quelle est l'entité qui gère la correspondance entre le TMSI et l'IMSI?

l'entité qui gère la correspondance entre TMSI et IMSI est MSC/VLR

- ▼ La zone de localisation d'un mobile est-elle enregistrée au niveau de HLR?

Non la zone de localisation d'un mobile est enregistrée au niveau du VLR par contre le HLR contient le numéro de VLR.

- ▼ Comment le réseau trouve-il un mobile pour signaler un appel entrant?

La mise en œuvre d'un appel entrant:



Principe simplifié de l'appel arrivé (ou entrant)

Examen 2023

Exercice 1

On considère le scénario décrit par la figure 1 qui illustre une antenne relais (BTS), dans un réseau GSM-900, transmettant vers 3 téléphones mobiles (MS) P1, P2 et P3 simultanément.

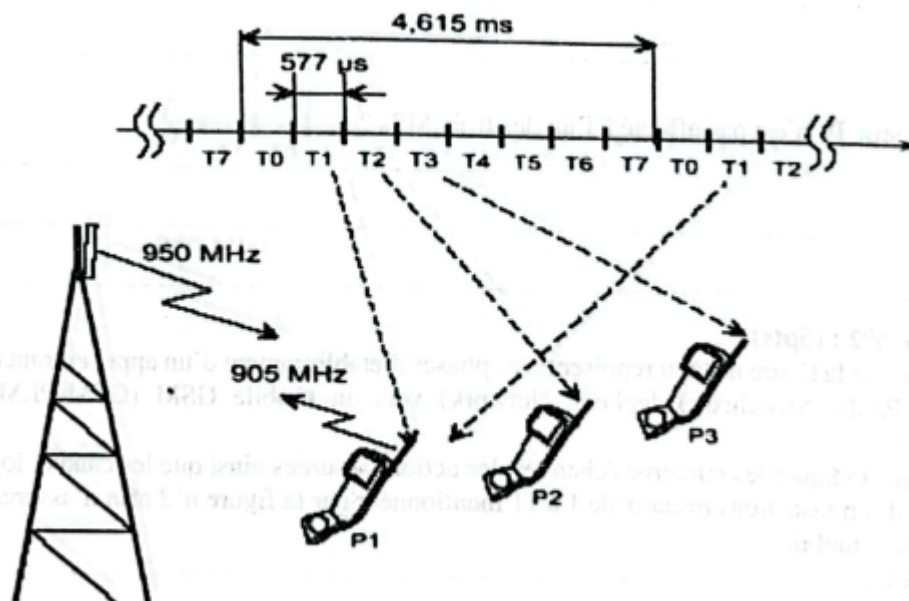


Figure n°1

▼ Expliquer le principe utilisé pour servir les 3 MSs en même temps

TDMA/FDMA : une fréquence diviser en 8 IT chaque utilisateur prend un IT.

▼ Pourquoi on a besoin de deux fréquences $f_1 = 950\text{MHz}$ et $f_2=905\text{ MHz}$ pour assurer les communications? Quelle est la fréquence porteuse de de cette BTS?

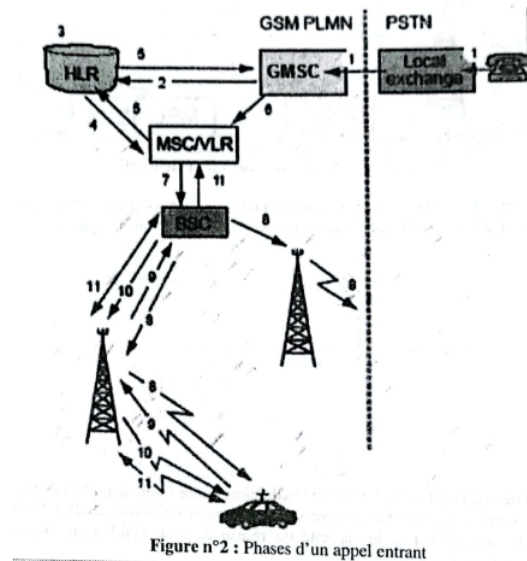
Une pour UpLink l'autre pour DownLink c'est le duplexage. la fréquence porteuse de de cette BTS est 950

▼ Pourquoi T0 n'est pas affecté à l'un des trois MSs?

réserver pour le trafic de signalisation comme le BCCH

Exercice 2

On considère la figure n°2 qui représente les phases d'établissement d'un appel entrant (d'un terminal fixe (réseau PSTN: Public Switched Telephone Network) vers un mobile GSM (GSM-PLMN: Public Land Mobile Network)).



▼ Indiquer les numéros échangés, les actions assurées ainsi que les canaux logiques alloués lors de chacune des transactions réseaux de 1 à 11 mentionnées par la figure n°2 afin d'assurer l'établissement d'un appel fixe mobile.

- **Transaction 1 :**

- **Action assurée :** L'appel provenant du PSTN (Public Switched Telephone Network) est reçu par l'échange local.
- **Canal logique :** Ligne fixe du PSTN.
- **Numéros échangés :** Numéro de téléphone du mobile.

- **Transaction 2 :**

- **Action assurée :** L'échange local envoie la demande d'appel au GMSC (Gateway Mobile Switching Center) du réseau GSM.
- **Canal logique :** Câble ou liaison réseau (ISUP - ISDN User Part).
- **Numéros échangés :** Numéro de téléphone du mobile.

- **Transaction 3 :**
 - **Action assurée :** Le GMSC interroge le HLR (Home Location Register) pour obtenir des informations sur la localisation du mobile.
 - **Canal logique :** Câble ou liaison réseau (MAP - Mobile Application Part).
 - **Numéros échangés :** IMSI (International Mobile Subscriber Identity).
- **Transaction 4 :**
 - **Action assurée :** Le HLR répond avec l'adresse du MSC/VLR (Mobile Switching Center/Visitor Location Register) où le mobile est enregistré.
 - **Canal logique :** Câble ou liaison réseau (MAP).
 - **Numéros échangés :** Adresse du MSC/VLR, TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity).
- **Transaction 5 :**
 - **Action assurée :** Le GMSC transfère l'appel au MSC/VLR correspondant.
 - **Canal logique :** Câble ou liaison réseau (ISUP).
 - **Numéros échangés :** TMSI.
- **Transaction 6 :**
 - **Action assurée :** Le MSC/VLR envoie une requête à la BSC (Base Station Controller) pour localiser le mobile.
 - **Canal logique :** Câble ou liaison réseau (BSSAP - Base Station Subsystem Application Part).
 - **Numéros échangés :** TMSI.
- **Transaction 7 :**
 - **Action assurée :** La BSC interroge les BTS (Base Transceiver Stations) sous son contrôle pour localiser la cellule où se trouve le mobile.
 - **Canal logique :** Câble ou liaison réseau (A-bis interface).
 - **Numéros échangés :** TMSI.
- **Transaction 8 :**
 - **Action assurée :** La BTS envoie une demande de paging dans la cellule pour localiser le mobile.
 - **Canal logique :** Canal logique de paging (PCH - Paging Channel).

- **Numéros échangés** : TMSI.
- **Transaction 9** :
 - **Action assurée** : Le mobile répond à la demande de paging en envoyant une réponse de localisation.
 - **Canal logique** : Canal d'accès aléatoire (RACH - Random Access Channel).
 - **Numéros échangés** : TMSI.
- **Transaction 10** :
 - **Action assurée** : La BTS relaye la réponse de localisation au BSC, qui à son tour informe le MSC/VLR de la position exacte du mobile.
 - **Canal logique** : Canal dédié (SDCCH - Stand-alone Dedicated Control Channel).
 - **Numéros échangés** : TMSI.
- **Transaction 11** :
 - **Action assurée** : Le MSC/VLR établit la connexion avec le mobile et l'appel est acheminé. Le MSC/VLR informe le GMSC de la réussite de l'établissement de l'appel.
 - **Canal logique** : Canal dédié (TCH - Traffic Channel).
 - **Numéros échangés** : TMSI, numéro de téléphone.

Chaque transaction assure la coordination nécessaire entre les différents composants du réseau GSM pour localiser et établir l'appel vers le mobile, utilisant des canaux logiques spécifiques pour la signalisation et le transfert de données.

Exercice 3

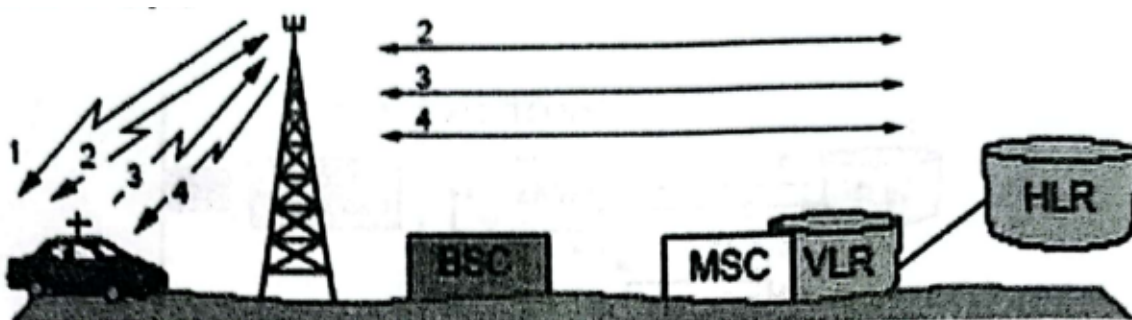


Figure n°3 : Phases de mise à jour de localisation

▼ Par référence à la figure n°3 donner une description détaillée de l'algorithme de mise à jour de localisation en liant chacune de ses étapes aux différentes phase (de 1 à 4) illustrées dans la figure. (changer la réponse pour être adéquate)

Mise à jour de localisation: connaître à tout moment la localisation du mobile. Les étapes sont:

1. MS écoute BCCH

2. MS compare LAI old et LAI new

- Si LAI old = LAI new \Rightarrow pas de mise à jour
- sinon mise à jour

\Rightarrow MS envoie RACH: demande d'accès aléatoire

3. Le réseau lit LAI new

- Si LAI inclu dans VLR old \Rightarrow changement uniquement du numéro de LAI
- Sinon: on aura à mettre à jour le HLR: changer VLR old par VLR new

Exercice 4

Le concept cellulaire peut résoudre le problème de congestion spectrale et augmenter la capacité du système. On s'intéresse dans cet exercice au réseau GSM-1800.

▼ Montrer formellement comment la capacité du réseau de type GSM a été augmentée sans allocation supplémentaire de fréquences.

Le réseau GSM utilise le concept cellulaire pour réutiliser les mêmes fréquences dans différentes zones géographiques, ce qui permet d'augmenter la capacité sans nécessiter de nouvelles fréquences.

▼ Etant donné que chaque abonné appelle en moyenne une fois toutes les deux heures, pendant 3 minutes. Donner la définition de l'Erlang. Calculer, A_{user} , l'intensité du trafic par utilisateur.

Fréquence des appels : 1 appel toutes les 2 heures = 0,5 appel/heure.

Durée moyenne d'un appel : 3 minutes = 3/60 heures = 0,05 heure.

Intensité du trafic par utilisateur (A_{user}) :

$$A_{user} = \text{fréquence des appels} \times \text{durée de l'appel} = 0,5 \times 0,05 = 0,025 \text{Erlang}$$

▼ Calculer l'efficacité spectrale correspondante.

▼ Si on considère un motif à 9, déterminer la capacité instantanée minimale de chaque cellule, en termes de communications simultanées (le détail de toutes les étapes de calcul avec explication est exigé)

Largeur de Bande du GSM-1800 :

GSM-1800 utilise 75 MHz (1710-1785 MHz pour l'upload et 1805-1880 MHz pour le download).

Nombre de Canaux :

Largeur de bande totale disponible = 75 MHz.

Largeur de bande par canal = 200 kHz.

Nombre total de canaux = $0,2MHz \times 75MHz = 375$.

Nombre de Canaux par Cellule avec un Motif de Réutilisation 9 :

Nombre de cellules dans un motif de réutilisation 9 = 9.

Nombre de canaux par cellule = $9375 \approx 41,67$ canaux.

Capacité en Termes de Communications Simultanées

Chaque canal permet une communication simultanée.

Capacité instantanée minimale par cellule = 41 communications simultanées.

▼ Expliquer comment le choix de la taille de cellule dépend du nombre d'abonnés à servir dans une zone bien définie.

La taille de cellules dépend du trafic à écouter \Rightarrow détermination des zones d'interférence et utilisation de la théorie de graphes.

- Pico-cellules: $R < 1km \Rightarrow$ zone à très fort trafic
- micro-cellules: $1km < R < 3km \Rightarrow$ zone péri-urbaine
 \Rightarrow utilisé pour les zones denses
- macro-cellules: $3km < R < 5km \Rightarrow$ zone rurale

Si R diminue $\Rightarrow D$ diminue \Rightarrow capacité augmente et la qualité diminue, puissance d'émission augmente

Petites cellules visent capacité

Grandes cellules visent couverture

Examen 2022

Exercice 1

▼ Expliquez pourquoi, lorsqu'un mobile recherche une voie balise (BCCH) d'une cellule donnée, il n'est donc pas synchronisé avec celle-ci, il lui est possible d'écouter le slot contenant le SCH, Synchronization Channel.

Lorsqu'un mobile recherche une voie balise (BCCH) d'une cellule sans être synchronisé, il peut écouter le slot contenant le SCH (Synchronization Channel) car ce dernier est émis à des moments prédéfinis dans une structure de trame fixe et répétitive.

▼ Sachant qu'un canal logique de synchronisation, SCH, est émis dans une multi-trames de 51 trames TDMA dans les trames n°1, n°11, n°21, n°31 et n°41. Donnez, en détaillant la démarche de calcul, le nombre de fois d'émission de ce type de canal sur l'interface radio pendant une durée T-1 seconde.

Exercice 2

La gestion de l'itinérance, dans l'architecture GSM, est prise en charge par deux mécanismes: le paging et la localisation/relocalisation. Pour mettre en œuvre ces mécanismes, chaque cellule se voit attribuée un numéro de Zone de Localisation.

▼ Expliquez pourquoi un seul de ces deux mécanismes ne serait pas efficace pour gérer l'itinérance des utilisateurs en veille dans un réseau GSM.

Si on utilise le paging seulement, lors d'une communication pour trouver l'utilisateur on doit faire un broadcast sur tous le réseau ce qui résulte en gaspillage de ressource et d'énergie.

Par contre le mise a jour de localisation seul ne permet pas d'avoir la localisation exacte d'utilisateur ce qui rend la communication impossible .

▼ Qu'appelle-t-on zone de localisation? Expliquez comment se fait la mise à jour de localisation dans un réseau GSM?

La zone de localisation: est un ensemble de cellules à l'intérieur duquel un mobile se déplace sans signaler au réseau.

Mise à jour de localisation: connaître à tout moment la localisation du mobile. Les étapes sont:

1. MS écoute BCCH
2. MS compare LAI old et LAI new
 - Si $LAI\ old = LAI\ new \Rightarrow$ pas de mise à jour
 - sinon mise à jour

⇒ MS envoie RACH au réseau: demande d'accès aléatoire

3. Le réseau lit LAI new

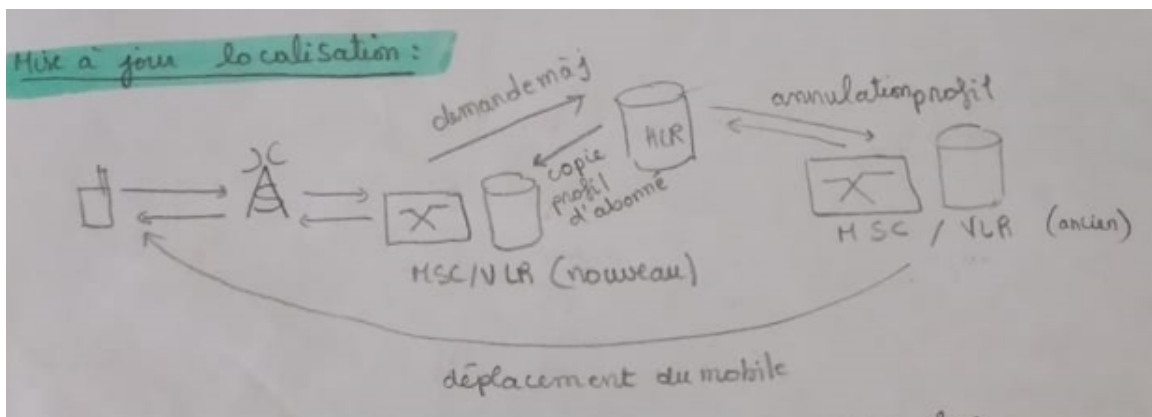
- Si LAI inclu dans VLR old ⇒ changement uniquement du numéro de LAI
- Sinon: on aura à mettre à jour le HLR: changer VLR old par VLR new

Aucune signalisation si le mobile change de cellule mais reste dans la même zone de localisation

Mise à jour locale au MSC/VLR si le mobile passe d'une zone de localisation à une autre zone gérée par le même MSC/VLR

Signalisation à travers le réseau coeur en cas de changement de MSC/VLR

Allocation éventuelle d'un TMSI, Temporary Mobile Subscriber Identity

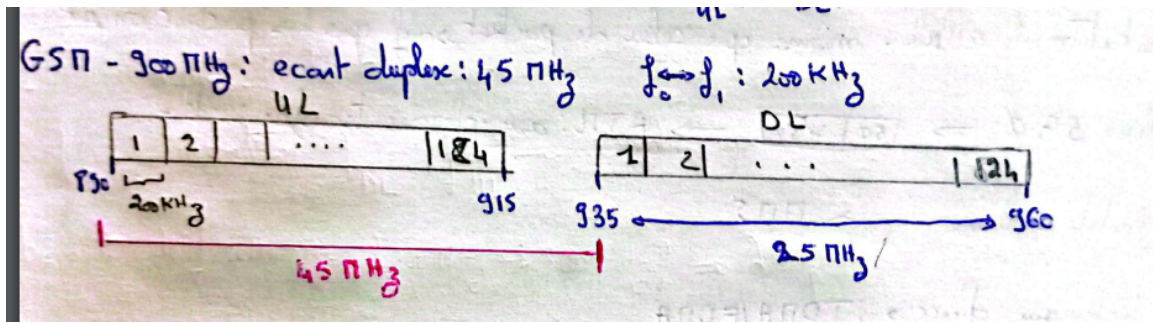


▼ La zone de localisation d'un mobile est-elle enregistrée au niveau du HLR? Justifiez votre réponse en indiquant les numéros en GSM qui peuvent définir la localisation d'un abonné.

Non, le HLR enregistre la localisation de l'abonné grossière c'est-à-dire le numéro de VLR où il se trouve

Exercice 3

- On s'intéresse dans cet exercice au réseau GSM 900, version étendue. Ce réseau est déployé dans un pays est géré par deux opérateurs qui exploitent le territoire. Le premier opérateur Net1 opère sur les porteuses numérotées de 1 à 100. Le second Net2 opère sur le reste des porteuses disponibles. Net1 utilise un motif à 9 et Net2 utilise un motif à 3.
- ▼ Rappelez la dimension fréquentielle (la répartition des deux sous bandes) du GSM- 900 étendue.



- Up link : 880 MHz- 915 MHz
- Down link : De 925 MHz à 960 MHz
- Écart duplex : 45 MHz

▼ Montrez que la bande GSM 900 étendue contient 174 porteuses (fréquences). En déduire la bande fréquentielle (pour chaque sens de communication) allouée à chaque opérateur.

$$\frac{35\text{Mhz}}{0,2\text{Mhz}} - 1 = 174$$

on retranche 1 pour corrigé l'index.

▼ Combien en moyenne chaque cellule peut utiliser de fréquences pour chaque opérateur?

Pour l'opérateur Net1:

$$K_1 = \frac{100}{9} = 11$$

Pour l'opérateur Net2:

$$K_2 = \frac{74}{3} = 24$$

▼ Sachant que le rayon d'une cellule est fixé à 1Km pour Net1 et à 2Km pour Net2, quelle est la distance minimale qui doit séparer deux co-cellules pour les deux opérateurs?

$$D = \sqrt{3KR}$$

Examen 2013

▼ Comment le réseau peut-il gérer l'itinérance du mobile? Quelles sont les conséquences de gestion de l'itinérance sur le réseau?

gestion de l'itinérance → mise à jour de localisation + paging

conséquence:

- intégration d'une BD
- intégration du système de signalisation
- assurer la disponibilité du service
- augmentation de signalisation dans le réseau

▼ Qu'appelle-t-on zone de localisation? Expliquer comment se fait la mise à jour de localisation dans un réseau GSM?

La zone de localisation: est un ensemble de cellules à l'intérieur duquel un mobile se déplace sans signaler au réseau.

Mise à jour de localisation: connaître à tout moment la localisation du mobile. Les étapes sont:

1. MS écoute BCCH
2. MS compare LAI old et LAI new
 - Si LAI old = LAI new ⇒ pas de mise à jour
 - sinon mise à jour⇒ MS envoie RACH au BS: demande d'accès aléatoire
3. Le réseau lit LAI new
 - Si LAI inclu dans VLR old ⇒ changement uniquement du numéro de LAI
 - Sinon: on aura à mettre à jour le HLR: changer VLR old par VLR new

▼ On distingue deux mécanismes de gestion de la mobilité radio dans les réseaux GSM. Quels sont ces 2 mécanismes en précisant à quels technologies d'accès radio sont plus adaptés? Quels sont les inconvénients et leurs avantages sur la qualité de service perçue par l'utilisateur?

Mobilité Radio ⇒ Handover:

1. phase de mesure: MS fait des mesures sur la puissance reçue (P_r) et envoie le rapport au BTS. BS fait les mesures sur l'up link.
2. phase de décision:

Si $P_{r \text{ serveuse}} < P_{r \text{ voisine seuil}}$ et $\exists v_i | P_{r v_i} > P_{\text{serveuse}} + HOM$, on exécute le handover.

3. phase d'exécution:

- **Soft HandOver:** (utilisé dans les transmissions de données en mode circuit)
CDMA/WCDMA : make before break
 - Avantage:
 - Continuité de la communication.
 - Mobile connecté à plusieurs stations de base.(on assure le choix de la meilleur BS)
 - Inconvénient:
 - Consommation des ressources dans le réseau d'accès.
- **Hard HandOver: TDMA/FDMA** (break before make)
 - Avantages:
 - simplicité
 - faible ressources consommé dans le réseau
 - Inconvénient:
 - Micro coupure de la communication
 - Mobile pas toujours connecté à la meilleur cellule.

▼ Expliquer pourquoi différents niveaux de numérotations sont utilisés dans un système GSM en indiquant les différents numéros échangés ?

Dans un système GSM ,on trouve des numérotations utilisés à la partie réseau (NSS) et d'autres dans la partie radio (BSS) pour assurer la sécurité du réseaux.

Le **MSISDN** est le numéro d'appel de l'abonné (8 chiffre).

L'**IMSI** est utiliser pour distinguer l'abonné dans le réseau/ pour la localisation du mobile.

Le **TMSI** qui est un numéro temporaire allouée au mobile pour éviter le clonage et le piratage.

Le **MSRN** est un numéro attribué lors de l'établissement d'appel sa principale fonction est de permettre l'acheminement des appels par les commutateur.

Les différents numéros échangés lors d'un appel entrant sont:
MSISDN → IMSI → MSRN → TMSI



Principe simplifié de l'appel arrivé (ou entrant)

- ▼ La zone de localisation d'un mobile est-elle enregistrée dans le HLR?

Non, en effet le LAI est enregistré dans le VLR(visitor location registre) par contre dans le HLR (home location registre) on trouve le profil d'abonné ainsi que le N° du VLR(localisation grossière).

- ▼ Décrire brièvement les modifications apportées par le GPRS aux systèmes GSM existants

Le GPRS (General Packet Radio Service) a apporté les modifications suivantes aux systèmes GSM :

- **Transmission par paquets** : Utilisation de la commutation par paquets au lieu de la commutation par circuits.
- **Nouveaux nœuds de réseau** : Introduction des SGSN (Serving GPRS Support Node) et GGSN (Gateway GPRS Support Node) pour la gestion et le routage des données.
- **Mise à jour des stations de base** : Adaptation des stations de base existantes pour supporter les données par paquets.
- **Codage et modulation améliorés** : Nouveaux schémas pour des débits de données plus élevés.
- **Facturation basée sur le volume de données** : Facturation selon le volume de données transféré plutôt que la durée de connexion.

Ces modifications ont permis d'augmenter les débits de données et d'améliorer l'efficacité du réseau.

Examen 2012

▼ Sachant qu'un canal logique de synchronisation, SCH, est émis dans une multi-trames de 51 trames TDMA dans les trames 1, 11, 21, 31 et 41. Donner, en détaillant la démarche de calcul, le nombre de fois d'émission de ce type de canal sur l'interface radio pendant une durée $T=1$ secondes.

▼ Expliquer pourquoi différents niveaux de numérotations sont utilisés dans un système GSM en indiquant les différents numéros échangés lors d'un appel entrant?

Dans un système GSM, il est indispensable d'utiliser différents niveaux de numérotations. On trouve des numérotations utilisés à la partie réseau (NSS) et d'autres dans la partie radio (BSS).

L'**IMSI** est utilisé pour identifier l'abonné dans le réseau.

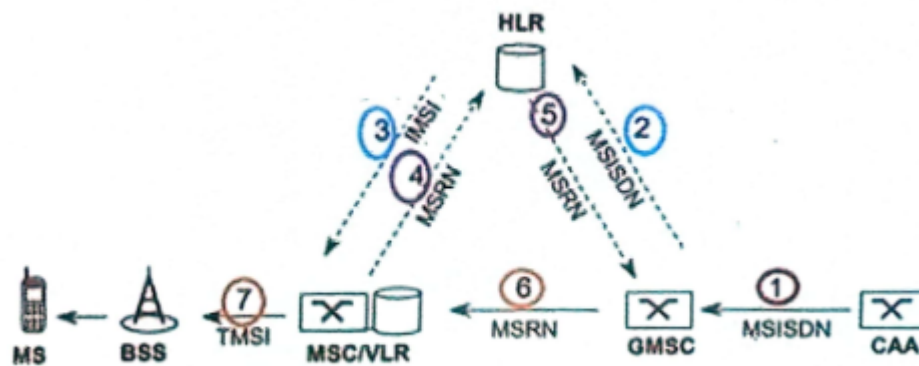
Le **MSISDN** est le numéro d'appel de l'abonné.

On trouve aussi le **TMSI** qui est un numéro secret (intérieur du réseau) qui est utilisé pour l'authentification de l'abonné.

Ainsi le **MSRN** est un numéro qui identifie l'appel de l'abonné qui va permettre l'acheminement des appels par les commutateurs. (IMSI + MSRV pour la localisation du mobile)

Les différents numéros échangés lors d'un appel entrant sont:

MSISDN → IMSI → MSRN → TMSI



Principe simplifié de l'appel arrivé (ou entrant)

▼ La zone de localisation d'un mobile est-elle enregistrée au niveau du HLR? Justifier la réponse en indiquant les numéros en GSM qui peuvent définir la localisation d'un abonné.

Non, HLR enregistre la localisation grossière de l'abonné c'est-à-dire le numéro de VLR où il se trouve.

▼ Décrire le principe global de la gestion de la mobilité réseau en GPRS en précisant les nouveautés par rapport à celle en GSM.

Le GPRS (General Packet Radio Service) a apporté les modifications suivantes aux systèmes GSM :

- **Transmission par paquets** : Utilisation de la commutation par paquets au lieu de la commutation par circuits.
- **Nouveaux nœuds de réseau** : Introduction des SGSN (Serving GPRS Support Node) et GGSN (Gateway GPRS Support Node) pour la gestion et le routage des données.
- **Mise à jour des stations de base** : Adaptation des stations de base existantes pour supporter les données par paquets.
- **Codage et modulation améliorés** : Nouveaux schémas pour des débits de données plus élevés.
- **Facturation basée sur le volume de données** : Facturation selon le volume de données transféré plutôt que la durée de connexion.

Ces modifications ont permis d'augmenter les débits de données et d'améliorer l'efficacité du réseau.

▼ Expliquer comment les données sont transmises en GPRS avec un débit plus important que celui du GSM?

En GPRS, les données sont transmises avec un débit plus élevé que le GSM grâce à la commutation par paquets, qui optimise la bande passante, et au multiplexage temporel, permettant à plusieurs utilisateurs de partager des canaux. Des schémas de codage et de modulation améliorés, ainsi que la compression des données, augmentent l'efficacité. L'allocation dynamique des ressources radio permet d'atteindre des débits de 56 à 114 kbps, contre 9.6 kbps pour le GSM.

Questions:

▼ Combien d'abonnés, l'opérateur peut desservir dans cette zone?

L'opérateur peut servir dans une zone

$$C = \frac{1}{N} \times \frac{1}{db} \times K \times \lambda \times \frac{1}{T} \times \frac{1}{\pi R^2}$$

N : taille d'un motif

$$db = 0.25Kbps$$

K : le nombre de communication par porteuse

λ : le trafic par porteuse

T : le trafic moyen par porteuse

▼ Définir le concept cellulaire

Le territoire est divisé en cellules, chacune desservie par 1 BS, l'ensemble de ces cellules constitue le réseau.

L'opérateur affecte une ou plusieurs fréquences à chaque BS, les mêmes canaux de fréquence sont réutilisés dans plusieurs cellules selon la capacité du système à résister à l'interférence.

Couverture de cellule isolée dépend de

- sensibilité (rapport $\frac{C}{N}$)
- puissance d'émission

Couverture de réseau dépend de

- seuil $\frac{C}{I}$
- distance de réutilisation

Avec : C: puissance de signal porteur (utile)

N: bruit

I: interférence

▼ Définir le motif cellulaire

Un motif cellulaire est l'ensemble des cellules dans lequel chaque fréquence de la bande est utilisée une fois et une seule fois.

▼ Déterminer la taille des motifs optimaux

$$K = i^2 + j^2 + ij \text{ avec } i, j \in \mathbb{N}, \text{ modèle hexagonal}$$

▼ Quelles sont les avantages et les inconvénients du concept cellulaire?

Avantage:

- Desservir de façon continue un territoire très large
- Utiliser des puissances d'émission moins importantes en diminuant la taille de cellules
⇒ réutiliser les fréquences à des emplacements plus proches.

Inconvénient:

Travail de planification fastidieux et délicat (fait par l'opérateur)

▼ Définir BSC

BSC, Base Station Controller, est le commutateur qui gère la ressource radio

- gestion de puissance
- allocation des fréquences
- mobilité des appels
- mobilité au niveau BTS

⇒ organe intelligent de BSS

▼ Définir MSC

MSC, commutateur de service mobile, gère l'établissement des communications entre MS et un autre MSC.

- Transmission des messages courts
- Exécution du Handover
- dialogue avec le VLR ⇒ gérer mobilité des usages
- Peut posséder une fonction passerelle GMSC

▼ Définir MSC/VLR

MSC/VLR est composé par un commutateur téléphonique associé à une base de données qui gère les communications sur une zone

Il est commutateur de transit du réseau téléphonique sur le quel on a été implantées des fonctions spécifiques GSM.

▼ Quels sont les rôles de AUC?

AUthentication Center

- Authentification
- Sécurité des abonnés: clé + algo chiff

▼ Définir GMSC

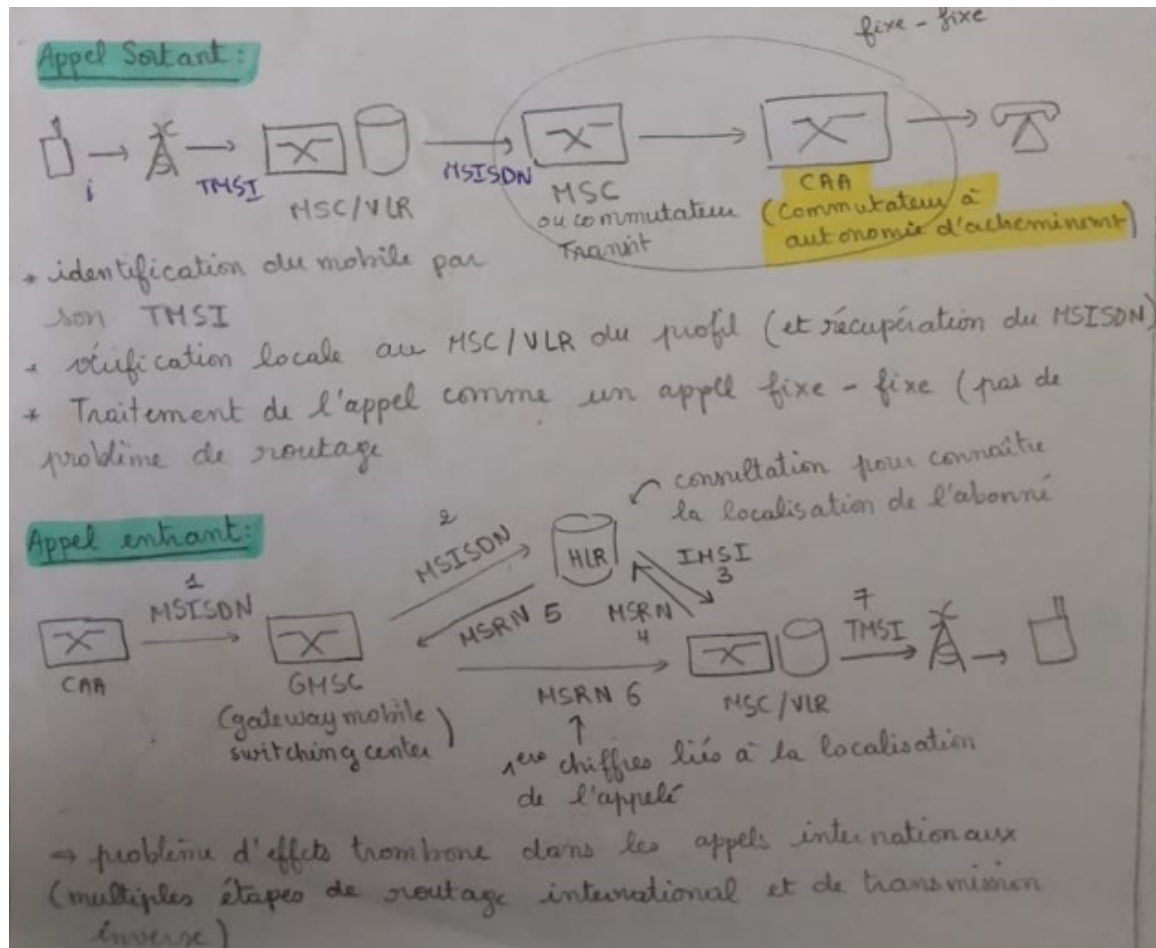
GMSC, gateway MSC, est activé au début de chaque appel d'un abonné fixe vers un mobile, a une fonction différente de MSC car il peut être implanté directement dans les commutateurs du RTC

▼ Définir BTS

somme des émetteurs et récepteurs gérant la transmission radio (modulation, démodulation, égalisation, codage, correcteur d'erreur, couche phy, TDMA, chiffrement...)

capacité maximale 16 porteuses.

▼ Schématiser et expliquer le déroulement des appels sortants et entrants



▼ Définir le duplexage

deux sens de transmission : sens descendant (downlink : DL)

(forward) et sens montant (uplink : UL) (reverse)

- FDD (frequency division duplex)
 - sens montant et sens descendant sur des fréquences différentes
 - bien adapté aux cellules de grande dimension
- TDD (time division duplex)
 - sens montant et sens descendant à des instants différents sur la même fréquence

- possibilité d'allocation dissymétrique
- bien adapté aux cellules de petite dimension

▼ Définir le multiplexage

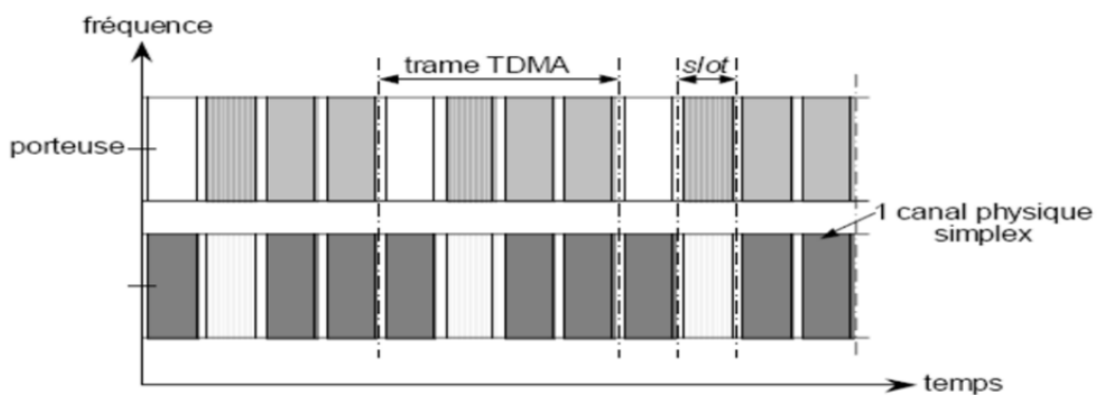
Techniques d'accès multiple

- Répartition en fréquence (AMRF) : (frequency division multiple access: FDMA) un canal physique simplex : 1 fréquence
- Répartition en temps (AMRT) : (time division multiple access: TDMA) un canal physique simplex : 1 slot (intervalle de temps) sur 1 fréquence
- Répartition par les codes (AMRC) : (code division multiple access: CDMA)
 - un canal physique simplex : 1 code

▼ Définir et schématiser TDMA et citer ses interets et ses problèmes

Partage FDMA du spectre en porteuses

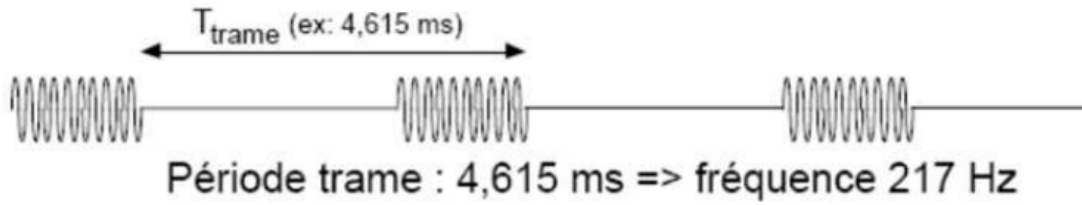
Partage TDMA d'une porteuse en intervalles de temps ou slots



⇒ Les systèmes TDMA sont de fait FDMA/TDMA

- Intérêt du TDMA:
 - Transmission 1 fois par trame
 - Temps disponible pour faire autre chose (surveillance stations voisines)
 - Possibilité de débits différents (transmission pendant plus d'un slot par trame)
- Problèmes liées au TDMA
 - Augmentation du débit : Interférence entre symboles due aux trajets multiples
 - Égalisation

- Harmoniques dues à la transmission 1 fois par trame TDMA.



▼ Citez des exemples d'utilisation du TDMA

GSM : porteuses espacées de 200 kHz (modulation à 271 kbauds)

- trame TDMA à 8 intervalles de temps (577 μ s par intervalle de temps)
- duplex de type FDD

DECT : porteuses espacées de 1,728 MHz (modulation à 1152 kbauds)

- trame TDMA à 24 intervalles de temps (\approx 417 μ s par intervalle de temps)
- durée de garde \approx 49 μ s.
- duplex de type TDD

▼ Donner les types de canaux logiques

Classe	Sous-classe	Fonction
Broadcast Channel (BCH) DL Unidirectionnel en diffusion	- Frequency Correction Channel (FCCH) DL - Synchronisation Channel (SCH) DL - Broadcast Control Channel (BCCH) DL	- Calage sur fréquence porteuse - Synchronisation + identification - Information système
Common Control Channel (CCCH) Bidirectionnel avec accès partagé	-Paging Channel (PCH) DL -Random Access Channel (RACH) UL -Access Grant Channel (AGCH) DL -Cell Broadcast Channel (CBCH) DL	-appel du mobile -Accès aléatoire du mobile -Allocation de ressource -Message courts diffusés
Dedicated Control Channel (DCCH)	-Stand-Alone Dedicated Control Channel (SDCCH) DL et UL -Slow Associated Control Channel (SACCH) DL et UL	- Signalisation - Supervision de la liaison

	-Fast Associated Control Channel (FACCH) DL et UL	- Exécution de handover
Traffic Channel (TCH)	-Traffic Channel for coded speech (TCH) DL et UL -Traffic Channel for data DL et UL (user rate) 9.6kbps, 4.8kbps, < 2.4kbps	-voix plein débit/demi débit -Données utilisateur