

Gestion des appels, de la mobilité et Numérotation liée à la mobilité

Équipe Pédagogique Réseau Informatique @
UVCI 2018

Table des matières



| | |
|--|-----------|
| I - Objectifs | 4 |
| II - Introduction | 5 |
| III - Identifiants dans les réseaux mobiles | 6 |
| 1. IMSI | 6 |
| 1.1. Champs de l'IMSI | 6 |
| 1.2. Structure de l'IMSI | 6 |
| 2. TMSI | 6 |
| 3. MSISDN | 7 |
| 3.1. Champs et structure du MSISDN | 7 |
| 3.2. National Mobile Number (NDC + SN) | 7 |
| 4. MSRN | 7 |
| 5. IMEI | 7 |
| 6. LAI | 8 |
| 7. Exercice | 9 |
| IV - Gestion des appels | 10 |
| 1. Le mobile | 10 |
| 2. Le réseau | 10 |
| 3. Itinérance | 10 |
| 4. Mise en service de la station mobile | 11 |
| 5. Déroulement d'une mise à jour de localisation | 11 |
| 6. Voie balise (beacon channel) | 11 |
| 7. Exercice | 12 |
| V - Handover | 13 |
| 1. Définition | 13 |
| 2. Contrôle d'un Handover | 14 |
| 3. Principales fonctions utilisées par le handover | 14 |

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 4. Roaming | 14 |
| 5. Exercice | 15 |
| VI - Solutions des exercices | 16 |
| VII - Abréviations | 19 |



Objectifs

- *Expliquer* le rôle de chaque paramètre de la carte SIM
- *Expliquer* comment est géré la gestion des appels dans les réseaux de mobiles
- *Expliquer* comment est géré la mobilité dans la mise en œuvre des réseaux de mobiles

Introduction

L'introduction de la mobilité dans les réseaux est la nécessité de la définition de nouvelles fonctions par rapport au réseau fixe classique. Le système doit connaître à tout moment la localisation d'un abonné de façon plus ou moins précise. Le numéro d'un terminal mobile devient du point de vue réseau, une adresse logique constante à laquelle il faut faire correspondre une adresse physique qui elle ne varie pas au gré des déplacements du terminal mobile.

Le réseau *GSM* utilise des adressages liés à l'abonné.

Identifiants dans les réseaux mobiles



Objectifs

Expliquer le rôle de chaque paramètre de la carte SIM

1. IMSI

Chaque abonné dispose d'une identité internationale *IMSI*, unique pour tous les réseaux *GSM* et qui ne varie pas dans le temps (sauf en cas de renouvellement ou de perte de la carte *SIM* par l'abonné). On le transporte aussi rarement que possible sur l'interface radio pour des questions de sécurité et de confidentialité. Il sert au réseau pour la recherche d'un abonné dans le cas où le *TMSI* n'est pas disponible.

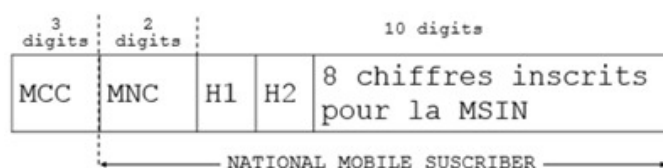
1.1. Champs de l'IMSI

Il est codé au plus sur *15 digits* et comprend *trois (3)* parties :

- *Mobile Country Code (MCC)* : indicatif du pays domicile de l'abonné mobile
Exemple : *208* pour la *France* et *612* pour la *Côte d'Ivoire*.
- *Mobile Network Code (MNC)* : indicatif du *PLMN* nominal de l'abonné mobile
Exemple : *02* pour *MOOV*, *03* pour *ORANGE*, *05* pour *MTN*
- *Mobile Subscriber Identification Number (MSIN)* : numéro de l'abonné mobile à l'intérieur du réseau *GSM*.

1.2. Structure de l'IMSI

La composition de l'*IMSI* est représentée comme suit :



Les deux champs *MCC* et *MNC* permettent de déterminer de façon unique dans le monde, le *PLMN* de l'abonné. Les deux premiers chiffres du champ *MSIN* donnent l'indicatif du *HLR* de l'abonné au sein de son *PLMN*. Les *MSC / VLR* sont donc capables de partir d'un *IMSI* quelconque, d'adresser le *HLR* de l'abonné. L'abonné ne connaît pas son *IMSI* car il est secret.

2. TMSI

A l'intérieur d'une zone gérée par un *VLR*, un abonné dispose d'une identité temporaire *TMSI* attribuée au mobile de façon locale. Il n'est connu que sur la partie *MS-MSC / VLR* et le *HLR* n'en a pas connaissance. Il est utilisé pour identifier le mobile lors d'une communication.

Plusieurs *MS* dépendant de *VLR* différents peuvent avoir le même *TMSI*. A chaque changement de *VLR*, on lui associe un nouveau *TMSI*. Son utilisation est optionnelle, on peut utiliser l'*IMSI*. On l'utilise pour des raisons de sécurité dans le réseau *GSM*.

3. MSISDN

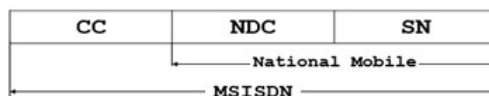
Aussi appelé identité de l'abonné *GSM*, c'est le numéro qu'une personne désirant joindre un abonné mobile compose. Seul le *HLR* contient une table de correspondance entre l'*IMSI* et le *MSISDN*.

3.1. Champs et structure du MSISDN

Il comprend les champs suivants :

- *Country Code* (*CC* ou code pays) qui est l'indicatif du pays dans lequel l'abonné a souscrit.
Exemple : 225 pour la Côte d'Ivoire, 221 pour le Sénégal et 33 pour la France
- *National Destination Code* (*NDC*) qui détermine le PLMN particulier dans le pays
Exemple : 07 ; 08 ; 09 ; 47 ; 48 ; 49 ; 58 ; 59 ; 77
- *Suscriber Number* (*SN*) qui est l'indicatif de l'abonné
Exemple : 76-59-80

Sa structure est représentée comme suit :



3.2. National Mobile Number (NDC + SN)

Comme tout abonné téléphonique, l'abonné *GSM* possède un numéro mobile qui lui est attribué lors de l'abonnement. Il a la structure suivante : *ID AB PQMCDU*.

- *ID* : indicatif du pays
- *AB* : indicatif attribué à chaque opérateur
- *PQMCDU* : est le numéro du mobile dans chaque indicatif de l'opérateur. Avec :
 - *PQ* le numéro du *HLR* logique dans le réseau *GSM* et
 - *MCDU* est le numéro de l'abonné dans le *HLR*.

4. MSRN

Il a pour fonction de permettre le routage des appels entrant du *GMSC* vers le *MSC* du mobile (*MS*).

Il est attribué par le *VLR* courant du mobile de façon temporaire et uniquement lors d'une communication à destination de la station mobile. Il a la même structure que le *MSISDN* soit :

- Un champ *CC*
- Un champ *NDC*
- Un champ *SN* (N° de l'abonné)

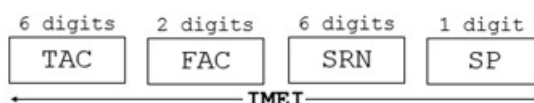
Comme le *MSISDN*, le *MSRN* a également la forme *AB PQMCDU*. Il correspond à un numéro du *MSC* dans lequel se trouve l'abonné. Cet adressage est intégré au réseau national et il est compréhensible par le réseau fixe.

5. IMEI

Tout terminal est référencé de manière unique par l'*IMEI* qui est codé sur au plus 15 *digits*.

- *Type Approval Code* (*TAC*) : champ codé sur 6 *digits* fournis au constructeur lorsque le matériel a passé l'agrément
- *Final Assembly Code* (*FAC*) : champ codé sur 2 *digits* qui identifie l'usine de fabrication
- *Serial Number* (*SRM*) : numéro codé sur 6 *digits* librement affecté par le constructeur
- *Spare* (*SP*) : digit de réserve

La composition de l'*IMEI* est représentée comme suit :



6. LAI

Le réseau GSM connaît la *zone de localisation* du mobile (*MS*) et non la *cellule* où il se trouve.

Une zone de localisation (*LA : Location Area*) regroupe un certain nombre de cellules qui peuvent être rattachées à plusieurs *BSC* dépendantes d'un seul *MSC*. Elle est identifiée de façon unique par un numéro d'identification appelé *LAI (Location Area Identity)* qui comprend trois (3) parties :

- Le *NCC*
- Le *MNC*
- Le *LAC (Location Area Code)* qui est l'identité de la zone de localisation.



Complément : Notion de cellule

Le territoire est divisé en "*cellules*", desservies chacune par une *BTS*. L'ensemble de ces cellules forme un seul réseau (sans que cette division soit perceptible ni à un usager du réseau fixe, ni à un usager mobile). Les mêmes canaux de fréquence sont réutilisés dans plusieurs cellules selon la capacité du système à résister aux interférences.

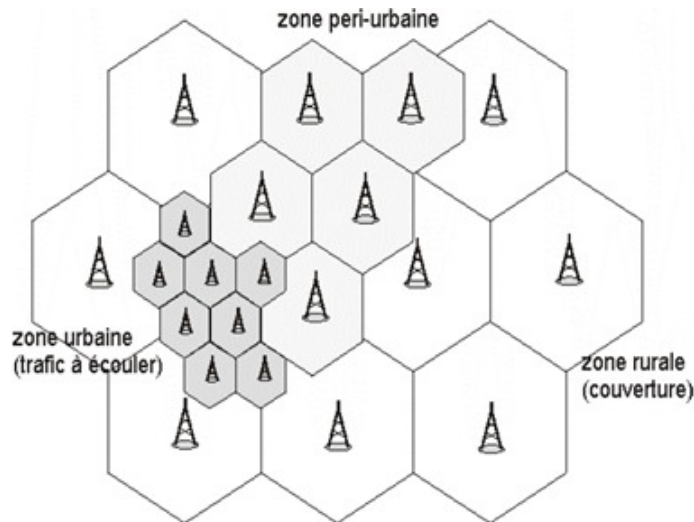


Figure 1 : Dimensionnement des cellules en fonction des zones à couvrir

- En *zone rurale* (faible densité d'utilisateurs), les *BTS* sont déployées pour assurer si possible une couverture en tout point du territoire. Un terminal est donc sous la portée d'une *BTS* et peut l'atteindre.
- En *zone urbaine* (forte densité d'utilisateurs), les *BTS* sont déployées pour écouler le trafic. Ainsi la densité des *BTS* est imposée par la charge à écouler.

7. Exercice

[Solution n°1 p 16]

Exercice

Pour le mobile, le numéro IMSI sert à

- ☐ reconnaître la position partielle de communicateur
- ☐ s'identifier sur le plan international
- ☐ sélectionner toutes les BTS disponibles et donner des renseignements
- ☐ le rechercher en cas d'indisponibilité du TMSI

Exercice

La zone de localisation permet

- ☐ au mobile de se déplacer sans se signaler au réseau
- ☐ au mobile d'enregistrer sa position dans une cellule précise
- ☐ au mobile de trouver les BSC inaccessibles sur le réseau
- ☐ de regrouper un ensemble de cellules en lui donnant un numéro

Exercice

Le réseau GSM

- ☐ connaît le numéro de toutes les cellules
- ☐ identifie le mobile par sa zone de localisation
- ☐ retrouve la communication par le commutateur MSC
- ☐ ne reconnaît pas les cellules du réseau

Exercice

Un équipement égaré sur le réseau GSM peut être retrouvé à l'aide de

- ☐ son code IMEI
- ☐ son identifiant MSISDN
- ☐ son identifiant MSRN
- ☐ son identifiant TMSI

Gestion des appels



Objectifs

Expliquer comment est géré la gestion des appels dans les réseaux de mobiles

L'introduction de la mobilité dans les réseaux de mobiles nécessite la définition de nouvelles fonctions. Le système doit connaître à tout instant la localisation et l'état d'un mobile de façon plus ou moins précise.

Afin de mieux comprendre comment les différentes entités de l'infrastructure du réseau *GSM* interagissent pour réaliser les différentes fonctions de communication, nous allons suivre trois principaux exemples de la procédure d'établissement d'une communication dans le cas de la téléphonie *GSM* :

- Les appels aboutissants à un mobile ;
- Les appels d'origine mobile ;
- Les appels entre deux mobiles appartenant au même réseau.

1. Le mobile

A la mise en œuvre d'un appel, le mobile cherche un canal *BCCH* par le *scanning* c'est-à-dire par une recherche. Il repère la cellule ayant la puissance reçue la plus élevée, lit les informations relatives à la fréquence et aux canaux logiques. Il envoie alors un message d'acquiescement sur le canal *RACH*.

2. Le réseau

Le réseau répond sur le canal *AGCH* et alloue un canal dédié *SDCCH* pour les échanges de protocoles ainsi qu'un canal associé *SACCH* pour le contrôle de puissance et l'avance de temps. Les échanges se produisent sur ce canal dédié jusqu'au retour en mode veille sur le canal *BCCH*.

3. Itinérance

L'itinérance est le fait d'appeler et de pouvoir être appelé en tout point couvert par le réseau. De ce fait, la position d'un abonné est connue.

Le réseau de mobiles reconnaît à la station mobile *trois (3)* états :

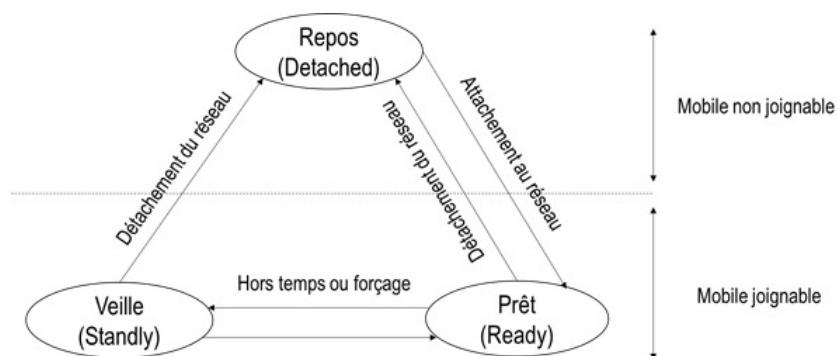


Figure 2 : Différents états d'une station mobile

- *Veille (Idle)* : la station mobile est alimentée et attachée au réseau (*IMSI attached*) mais sans communication. La station mobile mesure les puissances des cellules et procède si nécessaire à un changement de zone de localisation.
- *Prêt (Dedicated or ready)* : la station mobile est en communication, elle a au moins deux canaux dédiés dont le canal logique *SACCH*.
- *Repos (IMSI Detached)* : la station mobile n'est pas alimentée ou est inaccessible. Elle est considérée comme détachée du réseau.

4. Mise en service de la station mobile

Nous avons deux principes de base pour appeler :

- Émettre des appels sur toutes les cellules du système (*paging*).
- Connaître à tout moment la localisation du mobile grâce à une procédure de mise à jour de localisation (*location updating procedure*). Ceci est possible grâce à la voie balise (*beacon channel*)

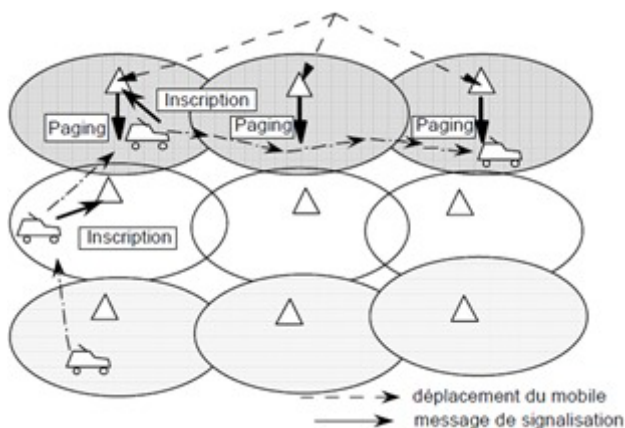


Figure 3 : Processus de localisation d'un mobile dans différentes zones

Une zone de localisation est un ensemble de cellules à l'intérieur duquel un mobile peut se déplacer sans se signaler au réseau mais lorsque le mobile entre dans une nouvelle zone de localisation, il se signale au réseau.

5. Déroulement d'une mise à jour de localisation

Une mise à jour de localisation comprend plusieurs étapes :

- Écoute de la voie balise (*beacon channel*)
- Lecture de la zone de localisation
- Comparaison avec la précédente zone mémorisée si la zone est différente :
 - Envoi d'un message de mise à jour de localisation (mise à jour des *VLR* et *HLR* si nécessaire)
 - Retour sur la voie balise en attente de possible appel.

6. Voie balise (beacon channel)

Elle permet au mobile de se raccorder en permanence à la *BTS* la plus favorable. Le mobile mesure la puissance du signal reçu de la voie balise correspondant à une fréquence particulière de l'ensemble des fréquences allouées.

Lors d'une mise sous tension d'un terminal, pendant l'état de veille et pendant une communication, le mobile scrute les voies balises pour connaître la station avoisinante susceptible de l'accueillir en cas de handover.

La voie balise d'une station de base correspond aux deux (2) éléments suivants :

- une *fréquence balise* sur laquelle est émise en permanence un signal modulé de puissance constante qui permet au mobile de faire des mesures en puissance.
- un *canal broadcast* qui permet au mobile de s'accrocher au système local en acquérant tous les

paramètres.

7. Exercice

[Solution n°2 p 16]

Exercice

Sur le réseau, le mobile

- ☐ émet en permanence des signaux sur toutes les stations de base
- ☐ communique avec la station de base la plus proche
- ☐ échange avec les BTS disponibles
- ☐ se comporte en matcher pour établir les appels

Exercice

Sur le réseau, le mobile

- ☐ communique en mode veille sur une voie dite de balise
- ☐ reste toujours en communication avec le BSC lorsqu'il est en mode veille
- ☐ se déconnecte quand il perd la communication
- ☐ dispose de deux canaux lorsqu'il est prêt pour la communication

Exercice

La mise à jour de la localisation du mobile se fait

- ☐ en une seule étape qui est l'échange avec le VLR
- ☐ en plusieurs étapes dont l'une correspond à l'écoute du canal balise
- ☐ par comparaison des zones de localisations voisines
- ☐ par appels des cellules correspondantes et d'enregistrement du numéro

Exercice

Un terminal en veille effectue les opérations suivantes (plusieurs réponses possibles) :

- ☐ Mesurer la puissance reçue sur la voie balise courante
- ☐ Mesurer la puissance reçue sur les voies balises des cellules voisines
- ☐ N'effectue aucune mesures (mode veille profonde) afin de préserver sa batterie
- ☐ Envoie périodiquement des messages sur le canal logique RACH afin de garder son association au réseau

Handover

Objectifs

Expliquer comment est géré la mobilité dans la mise en œuvre des réseaux de mobiles

1. Définition

Le mécanisme assurant la mobilité radio est appelé transfert automatique intercellulaire ou *handover*. Il se produit uniquement au cours d'une communication.

Du point de vue mobile, le handover consiste à transférer la communication du (des) lien(s) radio courant vers un (plusieurs) lien(s) radio différent(s). Cependant, du côté réseau, la procédure du handover peut avoir plusieurs niveaux.

Nous avons *six* (6) types de handover :

- Le handover *intra cellulaire* qui se produit lorsque le mobile est resté connecté à la même *BTS* tout en changeant de canal radio.
- Le handover *inter cellulaire* ou *intra BSC* qui se produit à l'intérieur d'une même *BSC*. Le mobile changera ici de station de base.
- Le handover *inter BSC* ou *intra MSC* qui a lieu à la fois lorsque le mobile change de cellule et de *BSC* tout en restant sur le même *MSC*.
- Le handover *inter MSC* ou *intra réseau* où le mobile change de cellule, de *BSC* et de *MSC*, tout en restant au sein du même réseau de l'opérateur.
- Le handover *inter réseau*
- Le handover *subséquent* où le mobile passe successivement d'un *MSC A* vers un *MSC B* puis du *MSC B* vers un *MSC C*.

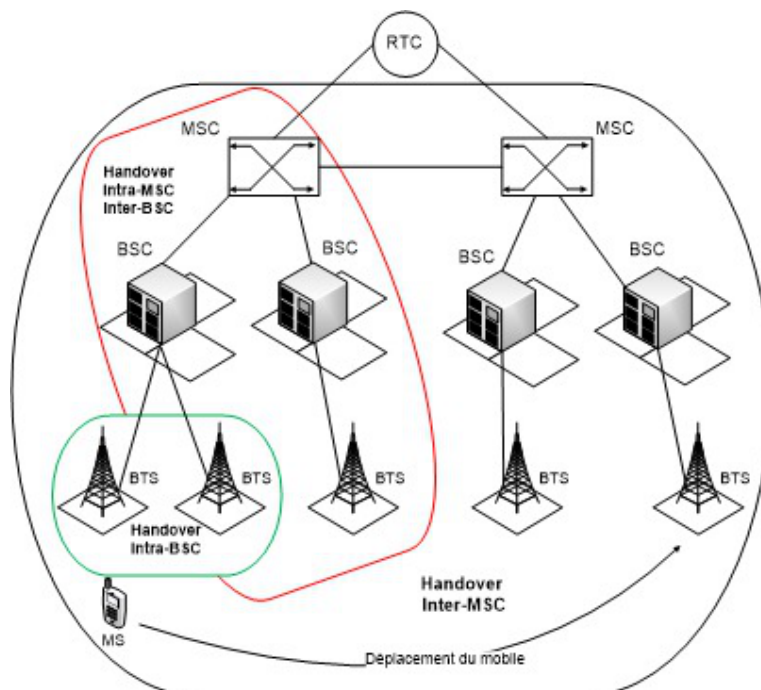


Figure 4 : Quelques types du handover

2. Contrôle d'un Handover

Un handover peut être réalisé tant par le mobile que par le réseau.

- *Handover effectué par le mobile :*
Il est rapide. Le mobile se rendant compte que la qualité du signal reçu est faible, décide de déclencher un handover vers une autre cellule, mais tout en ignorant l'état des ressources de la cellule nouvelle.
- *Handover effectué par le réseau :*
Il s'effectue bien mais lentement.

3. Principales fonctions utilisées par le handover

Le handover peut être considéré comme le processus le plus complexe. Dans un réseau cellulaire, le mécanisme de handover aura alors pour principale fonction :

- De permettre aux utilisateurs de se déplacer pendant un appel
- De permettre la poursuite de la communication en évitant la rupture du lien radio entre le mobile et le réseau de l'opérateur
- De permettre le maintien d'une qualité acceptable pour l'utilisateur en d'interférences
- D'équilibrer la charge du trafic entre les cellules
- D'optimiser l'utilisation des ressources radio
- De minimiser la consommation d'énergies des mobiles et le niveau d'interférence global.

4. Roaming

Le *roaming* est le fait qu'un abonné puisse communiquer à partir d'un réseau différent de son réseau d'origine (opérateur de services).

Cette manière de communiquer sur des installations autres que celles de son fournisseur de services est plus utilisées à l'échelle internationale. Il peut être à l'échelle nationale, mais cela est quasi inexistant du fait de la politique de la concurrence et des services.

5. Exercice

[Solution n°3 p 17]

Exercice

Le Handover est l'opération de changement

- ☐ de cellule en cours de communication
- ☐ de cellule en mode veille
- ☐ de zone de localisation en mode veille
- ☐ de fréquence périodique entre la voie montante et la voie descendante
- ☐ de la main qui tient le mobile en cours de communication

Exercice

Le handover intra cellulaire se produit

- ☐ lorsque le mobile change de canal radio
- ☐ pendant le changement de cellule en mode prêt
- ☐ pendant le changement de zone de localisation
- ☐ pendant le changement de fréquence dans la même cellule

Exercice

Quand le mobile change de station de base tout en restant dans la même zone de localisation,

- ☐ on parle de handover intra MSC
- ☐ on parle de handover intercellulaire
- ☐ c'est un handover intra BSC
- ☐ c'est un handover entre plus de trois station motrice

Solutions des exercices



> Solution n°1

Exercice p. 9

Exercice

- ☐ reconnaître la position partielle de communicateur
- ☒ s'identifier sur le plan international
- ☐ sélectionner toutes les BTS disponibles et donner des renseignements
- ☒ le rechercher en cas d'indisponibilité du TMSI

Exercice

- ☒ au mobile de se déplacer sans se signaler au réseau
- ☐ au mobile d'enregistrer sa position dans une cellule précise
- ☐ au mobile de trouver les BSC inaccessibles sur le réseau
- ☒ de regrouper un ensemble de cellules en lui donnant un numéro

Exercice

- ☐ connaît le numéro de toutes les cellules
- ☒ identifie le mobile par sa zone de localisation
- ☐ retrouve la communication par le commutateur MSC
- ☒ ne reconnaît pas les cellules du réseau

Exercice

- ☒ son code IMEI
- ☐ son identifiant MSISDN
- ☐ son identifiant MSRN
- ☐ son identifiant TMSI

> Solution n°2

Exercice p. 12

Exercice

- ☐ émet en permanence des signaux sur toutes les stations de base



- ☒ communique avec la station de base la plus proche
- ☒ échange avec les BTS disponibles
- ☐ se comporte en matcher pour établir les appels

Exercice

- ☒ communique en mode veille sur une voie dite de balise
- ☐ reste toujours en communication avec le BSC lorsqu'il est en mode veille
- ☐ se déconnecte quand il perd la communication
- ☒ dispose de deux canaux lorsqu'il est prêt pour la communication

Exercice

- ☐ en une seule étape qui est l'échange avec le VLR
- ☒ en plusieurs étapes dont l'une correspond à l'écoute du canal balise
- ☒ par comparaison des zones de localisations voisines
- ☐ par appels des cellules correspondantes et d'enregistrement du numéro

Exercice

- ☒ Mesurer la puissance reçue sur la voie balise courante
- ☒ Mesurer la puissance reçue sur les voies balises des cellules voisines
- ☐ N'effectue aucune mesures (mode veille profonde) afin de préserver sa batterie
- ☐ Envoie périodiquement des messages sur le canal logique RACH afin de garder son association au réseau

> Solution n°3

Exercice p. 15

Exercice

- ☒ de cellule en cours de communication
- ☐ de cellule en mode veille
- ☒ de zone de localisation en mode veille
- ☐ de fréquence périodique entre la voie montante et la voie descendante
- ☐ de la main qui tient le mobile en cours de communication

Exercice

- ☒ lorsque le mobile change de canal radio
- ☐ pendant le changement de cellule en mode prêt
- ☐ pendant le changement de zone de localisation

- ☒ pendant le changement de fréquence dans la même cellule

Exercice

- ☐ on parle de handover intra MSC
- ☒ on parle de handover intercellulaire
- ☒ c'est un handover intra BSC
- ☐ c'est un handover entre plus de trois station motrice

Abréviations

AGCH : Acces Grant CHannel
BCCH : Broadcast Control CHannel (Canal de contrôle de diffusion)
BSC : Base Station Controller
BTS : Base Transceiver Station
CC : Country Code
GMSC : Gateway Mobile Switching Center
GSM : Global System for Mobile communications
HLR : Home Location Register
IMEI : International Mobile Equipment Identity
IMSI : International Mobile Subscriber Identity
LAC : Location Area Code
LAI : Location Area Identity
MCC : Mobile Country Code
MNC : Mobile Network Code
MS : Mobile Subscriber
MSC : Mobile Switching Center
MSIN : Mobile Subscriber Identification Number
MSISDN : Mobile Station ISDN Number
MSRN : Mobile Station Roaming Number
NDC : National Destination Code
PLMN : Public Land Mobile Network
RACH : Random Access CHannel (Canal d'accès aléatoire)
RTC : Réseau Téléphonique Commuté
SACCH : Slow Associated Control CHannel
SDCCH : Stand Alone Dedicated CHannel
SIM : Subscriber Identity Module
SN : Subscriber Number
TMSI : Temporary Mobile Subscriber Identity
VLR : Visitor Location Register