



# **Télécommunications**

## ***Services & Usages***

### **Chapitre 3**

## **Les canaux logiques dans GSM**

Stéphane Ubéda & Fabrice Valois

Update : 17/02/2010





# Canaux physiques du GSM (I)

Canaux numériques à bande moyenne

Multiplexage temporel à bande moyenne

Deux groupes de porteuses

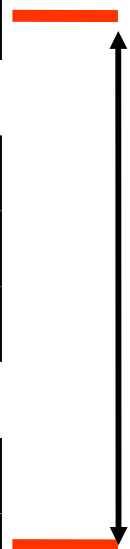
- Voie montante (MS vers réseau) 890-915 MHz
- Voie descendante (Réseaux vers MS) 935-960 MHz

Ecart

- Largeur de canal 200 kHz
- Canaux duplex écartés de 45 MHz



960 MHz	
959.8 MHz	124
959.6 MHz	123
935.4 MHz	2
935.2 MHz	1
914.8 MHz	124
914.6 MHz	123
914.4 MHz	122
890.6 MHz	
890.4 MHz	2
890.2 MHz	1



45 MHz entre  
2 fréquences  
DUPLEX

## Canaux physiques du GSM (II)

124 fréquences Descendantes

124 fréquences Montantes

*124 x 2 Radio  
Frequency Channel (RFCH)*



## Canaux physiques du GSM (III)

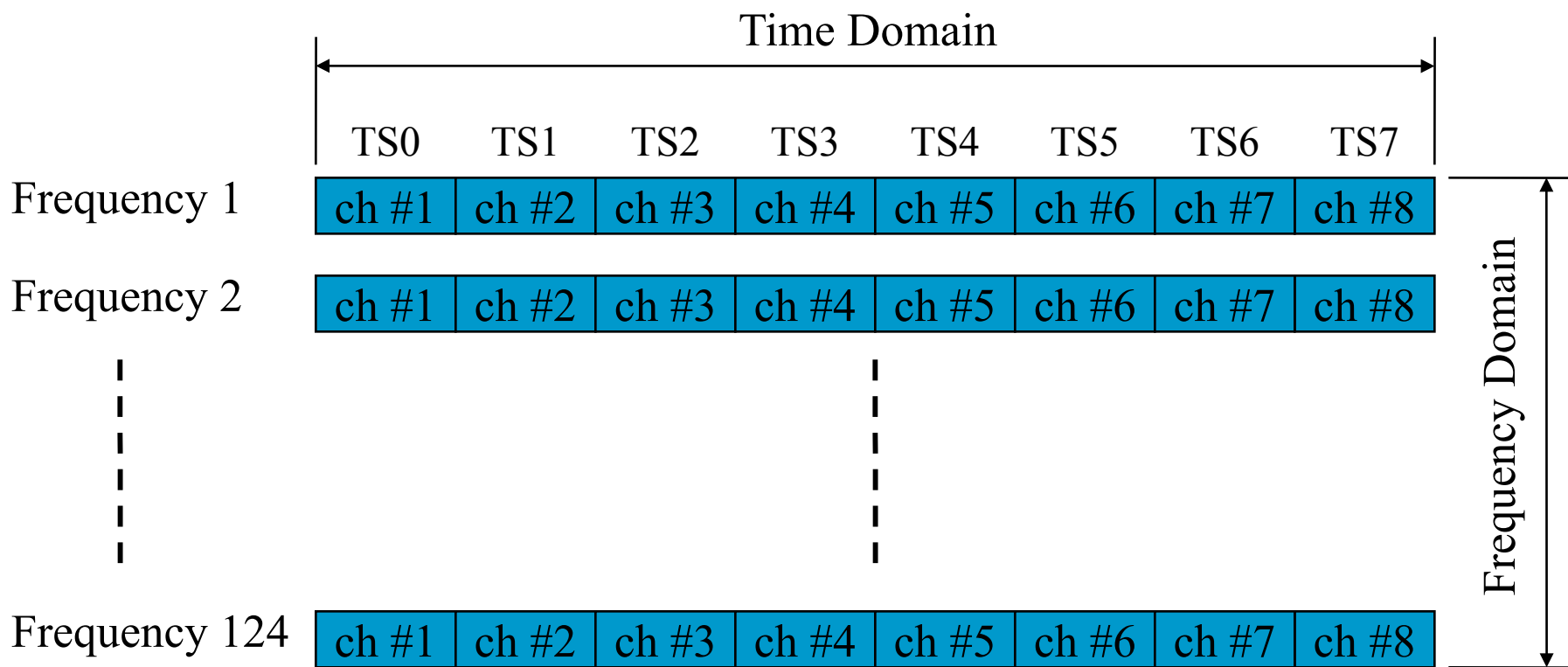
Accès multiple par division temporel

Nombre d'Intervalle de Temps (IT) : 8 / RFCH

Durée d'un IT : 0,5769 ms

Durée d'une trame :  $8 \times 0,5769 = 4,6152$  ms

# Canaux physiques du GSM (IV)





## Canaux physiques du GSM (V)

En théorie : 124 couples de porteuses duplex

- Soit  $124 \times 8 = 992$  canaux physiques duplex

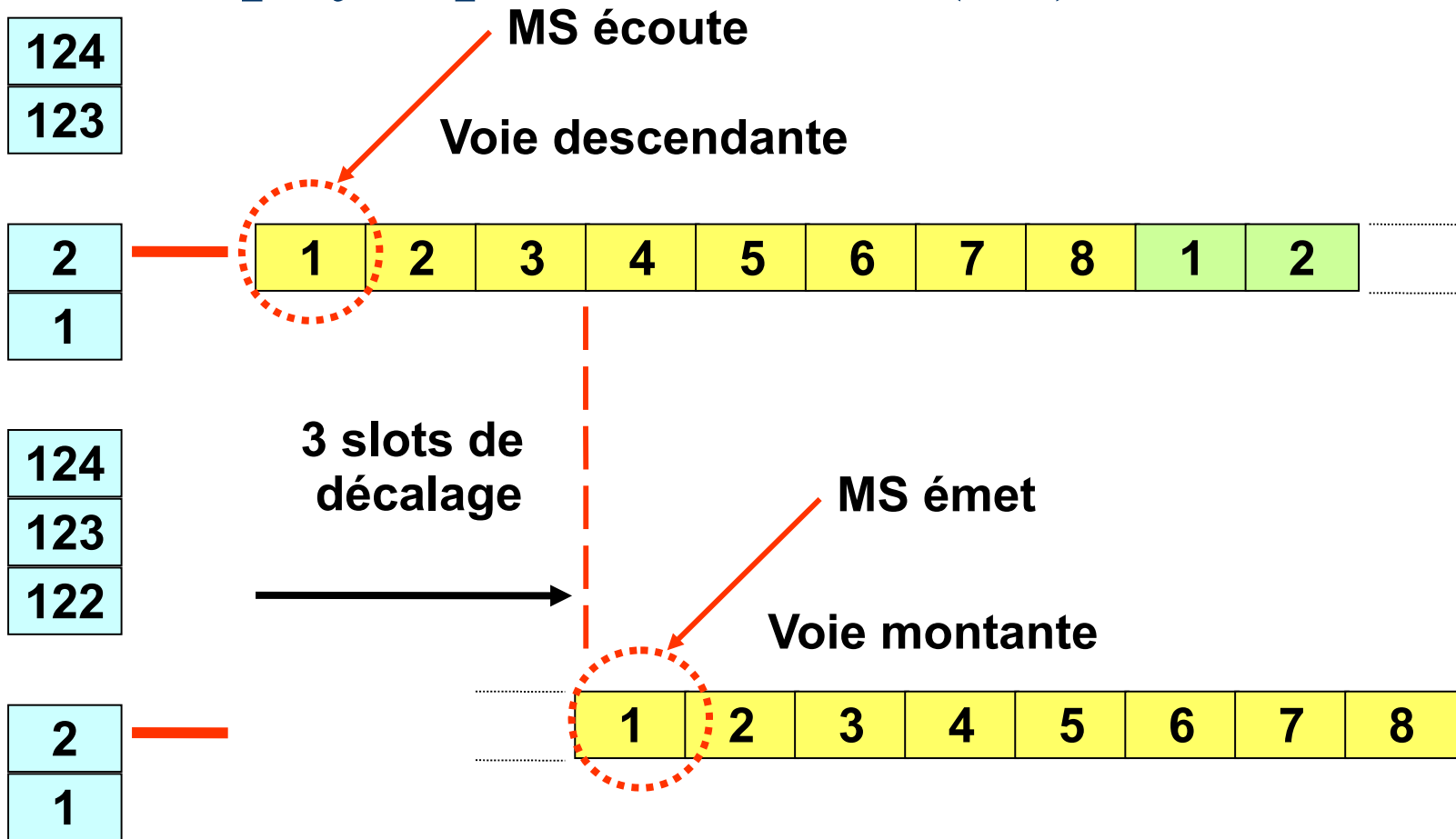
Répartition entre les opérateurs

- Porteuses perdues : garde entre opérateurs

Distribution entre les cellules

- Porteuses inutilisées entre les cellules

# Canaux physiques du GSM (VI)





## Canaux logiques (I)

Différents canaux logiques sont « mappés » sur les canaux physiques

Canaux logiques « dédiés »

- Affecté une communication particulière

Canaux logiques « non dédiés »

- Affecté à la cellule pour l'ensemble des MS





## Groupes de Canaux logiques (II)

### Broadcast Channel BCH

- Descendant (voie balise)

### Common Control Channel CCCH

- Montant & descendant

### Dedicated Control Channel DCCH

- Montant & descendant

### Traffic Channel TCH

- Montant & descendant



## Broadcast Channel BCH

Groupe de canaux logiques non dédiés

- Frequency Correction Channel FCCH
- Synchronisation Channel SCH
- Broadcast Control Channel BCCH

Emis sur la voie balise

- Uniquement sur la voie descendante
- Présente dans toutes les cellules



Broadcast Channel BCH :

Frequency Correction Channel FCCH

Consiste en un burst particulier

- Emis toutes les 50 ms environ
- 148 bits à zéro

Emis sur la fréquence de la voie balise

- Signal sinusoïdale parfait
- Permet le calage du mobile en fréquence

Frequency Correction Burst (FCB)

<b>Head Bits</b> 3	<b>Fixed Bits</b> 142	<b>Tail Bits</b> 3	<b>Guard Period</b> 8.25
-----------------------	--------------------------	-----------------------	-----------------------------



## Broadcast Channel BCH : Synchronisation Channel SCH (I)

Objectif : fournir aux mobiles les éléments pour une synchronisation complète

Caractérise la voie balise : possède un marquage de 64 bits (séquence d'apprentissage)

Deux types de synchronisations

- Fine : détermination du Timing Advance (TA)
- Logique : détermination du Frame Number (FN)



# Broadcast Channel BCH : Synchronisation Channel SCH (II)

## Format du Burst

- La séquence d'apprentissage est identique dans tout le Public Land Mobile Network (PLMN) car c'est le premier burst qu'un mobile décode !

## Données transportées

- Reduced Frame Number RFN (19 bits)
- BSIC : numéro permettant de distinguer 2 cellules émettant leur voie balise sur la même fréquence

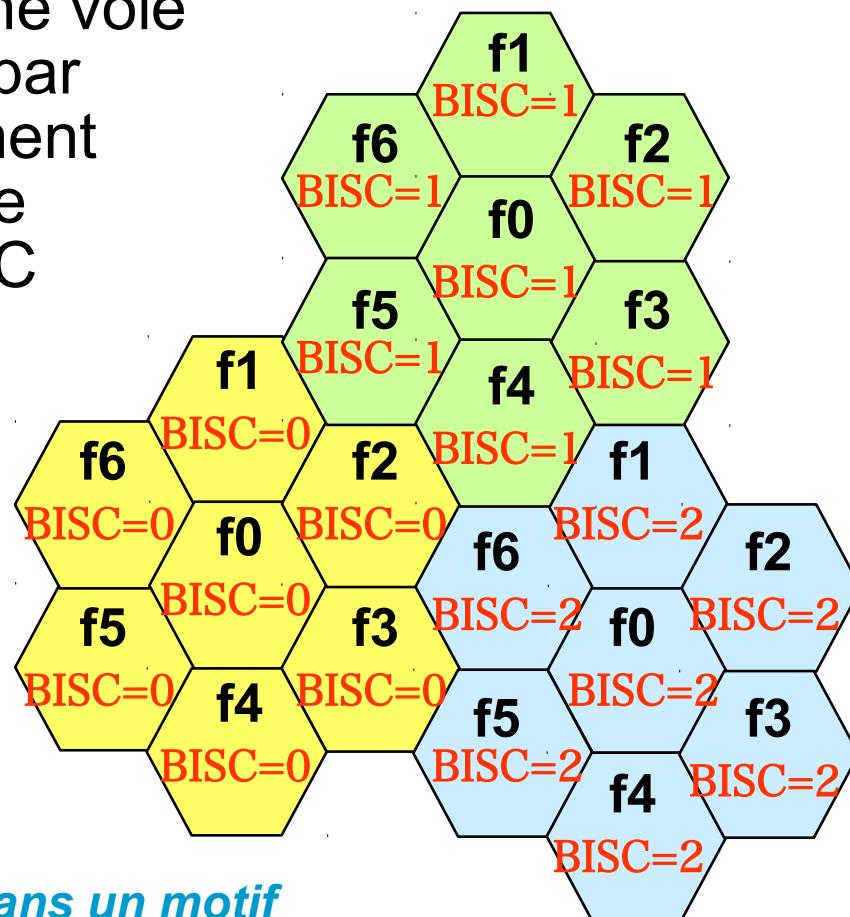
## Synchronisation Burst (SB)

<b>Head Bits</b> 3	<b>Encrypted Sync Bits</b> 39	<b>Extended Training Sequence</b> 64	<b>Encrypted Sync Bits</b> 39	<b>Tail Bits</b> 3	<b>Guard Period</b> 8.25
-----------------------	----------------------------------	---	----------------------------------	-----------------------	-----------------------------

# Code de couleur BSIC (Canal SCH)

La même fréquence pour une voie balise pouvant être utilisée par plusieurs cellules suffisamment éloignées, elles peuvent être distinguées par le code BSIC (le mobile à mi-distance peut très bien recevoir les deux cellules !)

- 3bits = code couleur d'une BTS (spécifiques à l'une des séquences d'apprentissage pour tous les futurs burst
- 3 bits = spécifique au PLMN



*Habituellement : même BSIC dans un motif*



## Broadcast Channel BCH : Broadcast Control Channel BCCH (I)

Permet la diffusion d'informations sur les caractéristiques de la cellule

Plusieurs types d'informations émises à des périodes différentes suivant la rapidité avec laquelle on désire qu'un mobile les apprenne

Chaque information

- Mot de 23 octets, 184 bits, après codages 456 bits divisés en 8 blocs de 57 bits
- Emission en blocs entrelacés sur 4 bursts normaux



## Broadcast Channel BCH : Broadcast Control Channel BCCH (II)

Paramètres de sélection de la cellule permettant au mobile de savoir s'il peut se mettre en veille

Numéro de la zone de localisation

Paramètres du mode d'accès aléatoire (éventuellement interdire cette cellule aux mobiles qui n'arrivent pas par Handover)

Description de l'organisation des canaux logiques

Description de l'organisation du CBCH

Description des cellules voisines

- Fréquences des voies balises

Divers : paramètres pour certains algorithmes, identification de la cellule





# Common Control Channel CCCH

Groupe de canaux non dédiés

Random Access Channel RACH

- Voie montante

Access Grant Channel AGCH

- Voie descendante

Paging Channel PCH

- Voie descendante

Cell Broadcast Channel CBCH

- Voie descendante



## Common Control Channel CCCH :

### Random Access Channel RACH

Uniquement sur la voie montante

Permet l'accès aléatoire au réseau

- Lorsqu'un mobile désire accéder au réseau
- Emission d'un burst « court »
  - Parce que le délai de propagation n'est pas connu !
  - Ne doit pas chevaucher des slots voisins : d'où une garde de 252  $\mu$  secondes soit 37,8 Km (cellule max rayon 35 km !)
- Mode Slotted ALOHA
- Informations : catégorie de service demandé, code BSIC de la station à laquelle on s'adresse, un nombre aléatoire

#### Access Burst (AB)

Head Bits	Training Sequence	Encrypted Bits	Tail Bits	Guard Period
8	41	36	3	68.25



Common Control Channel CCCH :

Access Grant Channel AGCH

Lorsqu'une BTS reçoit une demande d'un mobile

- Elle lui alloue un canal de signalisation dédié (SDCCH)

Message d'allocation du SDCCH envoyé sur le AGCH

- Numéro de porteuse, numéro de slot
- Description du saut en fréquence si celui-ci est activé

Message de 23 octets codé sur des bursts classiques en 8 blocs de 57 bits (4 bursts)



## Common Control Channel CCCH :

### Paging Channel PCH

Lorsque le réseau désire communiquer avec un mobile

- Appel, SMS ou authentification

Elle diffuse l'identité du mobile sur le PCH

- Le mobile réalisera un demande d'accès sur le RACCH

Plusieurs messages d'appel peuvent être diffusés simultanément dans un mot de 23 octets

- 8 blocs de 57 bits envoyés sur 4 bursts classiques



Common Control Channel CCCH :

Cell Broadcast Channel CBCH

Canal permettant de diffuser à l'ensemble des mobiles de la cellule des informations spécifiques

- Météo
- Informations routières etc...

A la discrétion de l'opérateur



# Dedicated Control Channel DCCH

Groupe de canaux dédiés

- bidirectionnels

Standalone Dedicated Control Channel SDCCH

Slow Associated Control Channel SACCH

Fast Associated Control Channel FACCH

- Ce canal logique se met place à partir d'un canal SACCH en « volant » de la bande passante au canal de trafic auquel il est associé



## Dedicated Control Channel DCCH : Standalone Dedicated Control Channel SDCCH

Les informations provenant des couches applicatives du système sont des données, transportées par des canaux TCH ou de la signalisation transportée par des canaux SDCCH

184 bits utiles, codés en 456 bits, soit 8 sous blocs de 57 bits, émis sur 4 bursts classiques

Canal bidirectionnel



## Dedicated Control Channel DCCH : Slow Associated Control Channel SACCH

La liaison radio étant fluctuante, elle doit donc être instrumenté en permanence

- Mesures/ajustement des paramètres radio

Les canaux TCH et SDCCH constituent les deux canaux bidirectionnels constants qui peuvent être établis entre un mobile et une station

- Ils sont instrumentés par un canal SACCH spécifique qui leur ait attribué





Dedicated Control Channel DCCH :

Slow Associated Control Channel SACCH

Le canal transporte les informations suivantes :

- Contrôle de puissance d'émission du mobile
- Contrôle de la qualité du lien radio
- Rapatriement des mesures effectuées sur les stations voisines

Update : Timing advance et niveau de puissance  
184 bits utiles, codés sur 456 bits, soit 8 sous-blocs de 57 bits transmis sur 4 bursts classiques



## Dedicated Control Channel DCCH : Fast Associated Control Channel FACCH

Le SACCH associé à un canal dédié (TCH ou SDCCH)

- débit très faible : 380 bit/s
- Délai de maj : 0.5 secondes

En cas de Handover le SACCH n'est pas suffisant

- Associé à un SDCCH, celui-ci est pleinement utilisé pour la signalisation nécessaire au Handover
- Associé à un TCH, on « vole » le débit du TCH pour créer le canal FACCH



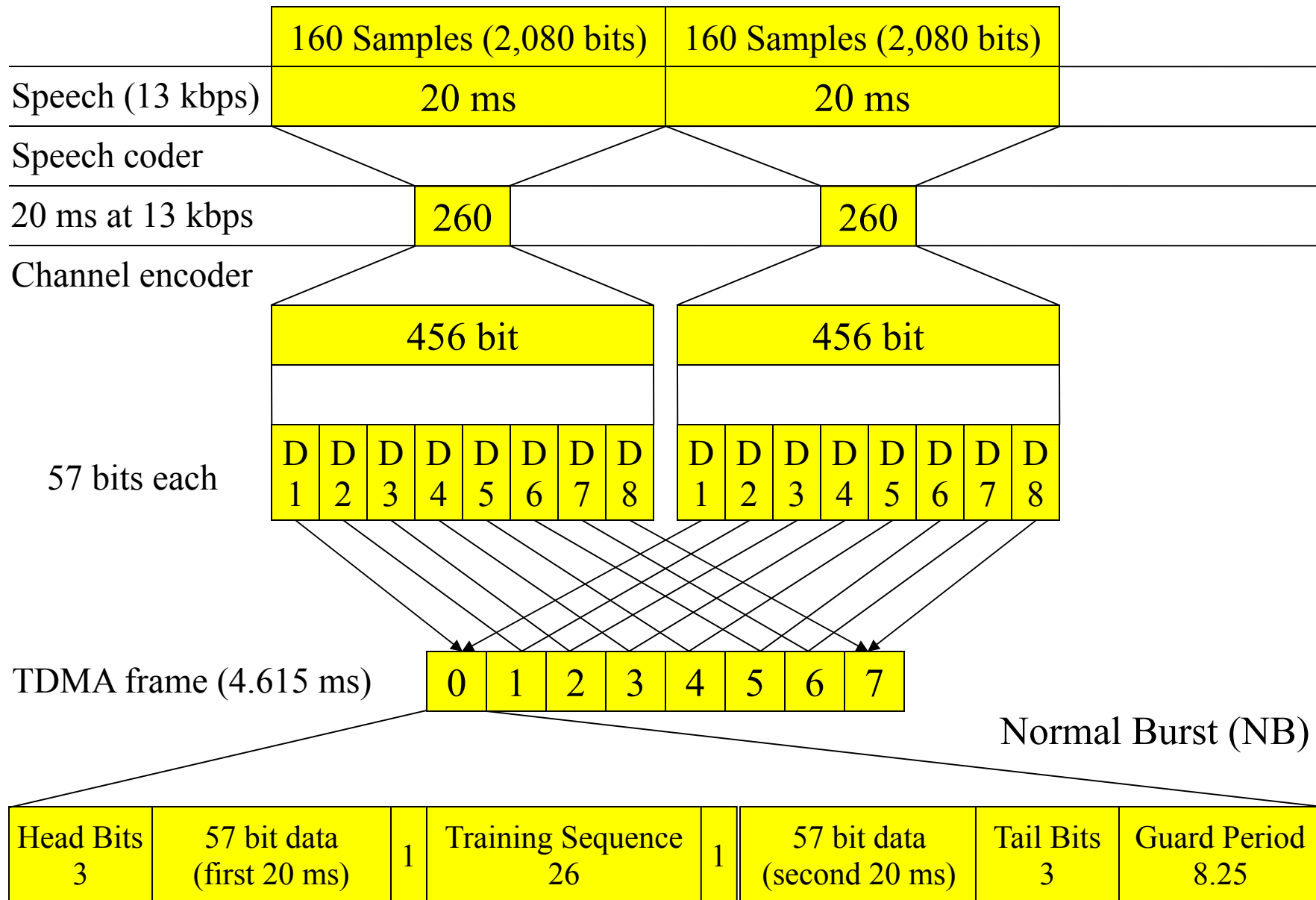
# Traffic Channel TCH

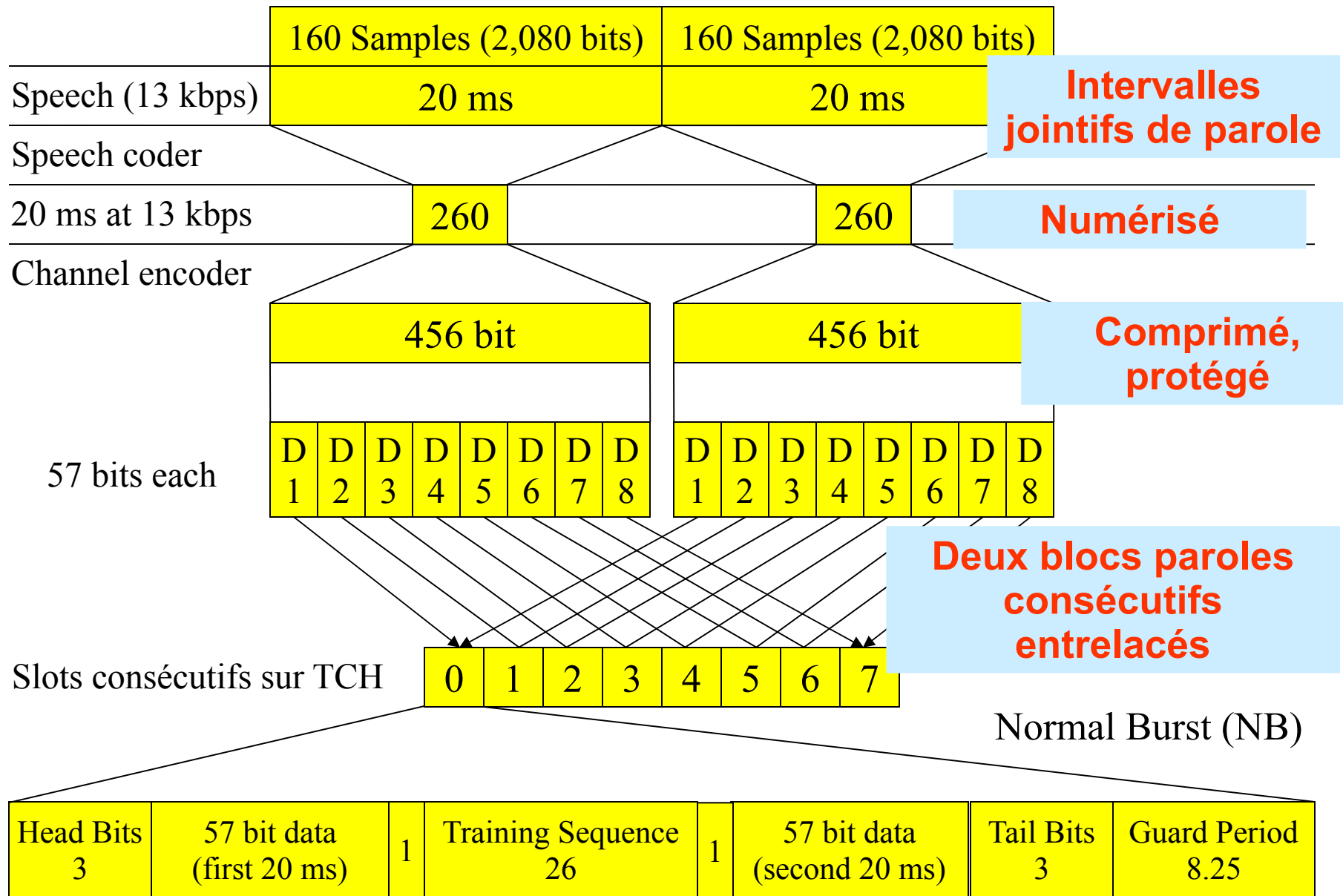
Canaux dédiés au transport de l'informations utilisateur

- En provenance des couches « applicatives »

Existent en plusieurs débits

Channel type	Throughput (kbit/s)	Block length (bit)	Block distance (ms)
TCH Speech Full rate	13	260	20
TCH Speech Half rate	5.6	112	20
TCH Data 9.6	12	60	5
TCH Data 4.8	6	60	10
TCH Data 2.4	3.6	72	20







## Data Services

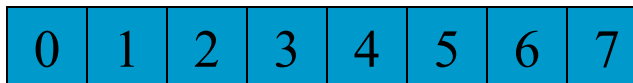
Débit max : 9.6kbit/s

Deux modes de fonctionnement

- Transparent mode (T) utilise FEC:
  - 2400 bps (intermediate rate is 3.6 kbps)
  - 4800 bps (intermediate rate is 6 kbps)
  - 9600 bps (intermediate rate is 12 kbps)
- Non-Transparent mode (NT) utilise ARQ.



1 TDMA Frame = 8 Timeslots



1 Timeslot = 156.25 Bit Duration

**Drapeaux de préemption (stealing bits)**

Normal Burst (NB)

Head Bits 3	Encrypted Bits 58	Training Sequence 26	Encrypted Bits 58	Tail Bits 3	Guard Period 8.25
----------------	----------------------	-------------------------	----------------------	----------------	----------------------

Frequency Correction Burst (FCB)

Head Bits 3	Fixed Bits 142	Tail Bits 3	Guard Period 8.25
----------------	-------------------	----------------	----------------------

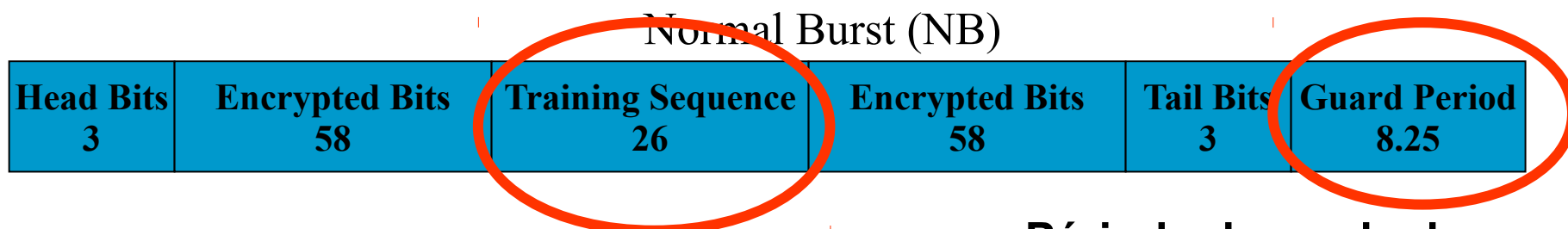
Synchronisation Burst (SB)

Head Bits 3	Encrypted Sync Bits 39	Extended Training Sequence 64	Encrypted Sync Bits 39	Tail Bits 3	Guard Period 8.25
----------------	---------------------------	----------------------------------	---------------------------	----------------	----------------------

Access Burst (AB)

Head Bits 8	Synchronisation Sequence 41	Encrypted Bits 36	Tail Bits 3	Guard Period 68.25
----------------	--------------------------------	----------------------	----------------	-----------------------

# Format du Burst standard



**Suite d'éléments binaires fixés possédant des propriétés d'auto corrélation, c'est-à-dire permettant de se synchroniser finement sur le burst**

**Période de garde de 8.25 bits soit 30,5 micro sec**





## Le saut en fréquences (I)

Implantation optionnelle

Lutte contre les évanouissements sélectifs

- Signal-to-Noise de 9 db au lieu des 11 db sans SFH

SFH Slow Frequency Hopping (car au niveau Slot)

Un « canal physique » n'est plus bloqué sur une unique porteuse, mais parcourt l'ensemble des porteuses suivant un séquence prédéfinie

Sauts cycliques ou pseudo-aléatoire

- Utilisation de différents paramètres obtenus du SCH

# Le saut en fréquences (II)

Down link

Fréquence f1	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
Fréquence f2	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
Fréquence f3	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
Fréquence f'1		0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6
Fréquence f'2		0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6
Fréquence f'3		0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6

Up link



# Organisation des canaux logiques

Les canaux logiques n'ont pas besoin du même débit

- Multiplexage des canaux logiques sur un même canal physique

Organisation hiérarchique des trames

- En multitrames, supertrames et hypertrames
- Nécessiter d'introduire un compteur de trame
  - FN = Frame Number



# Numérotation des trames

## Numérotation des Trames

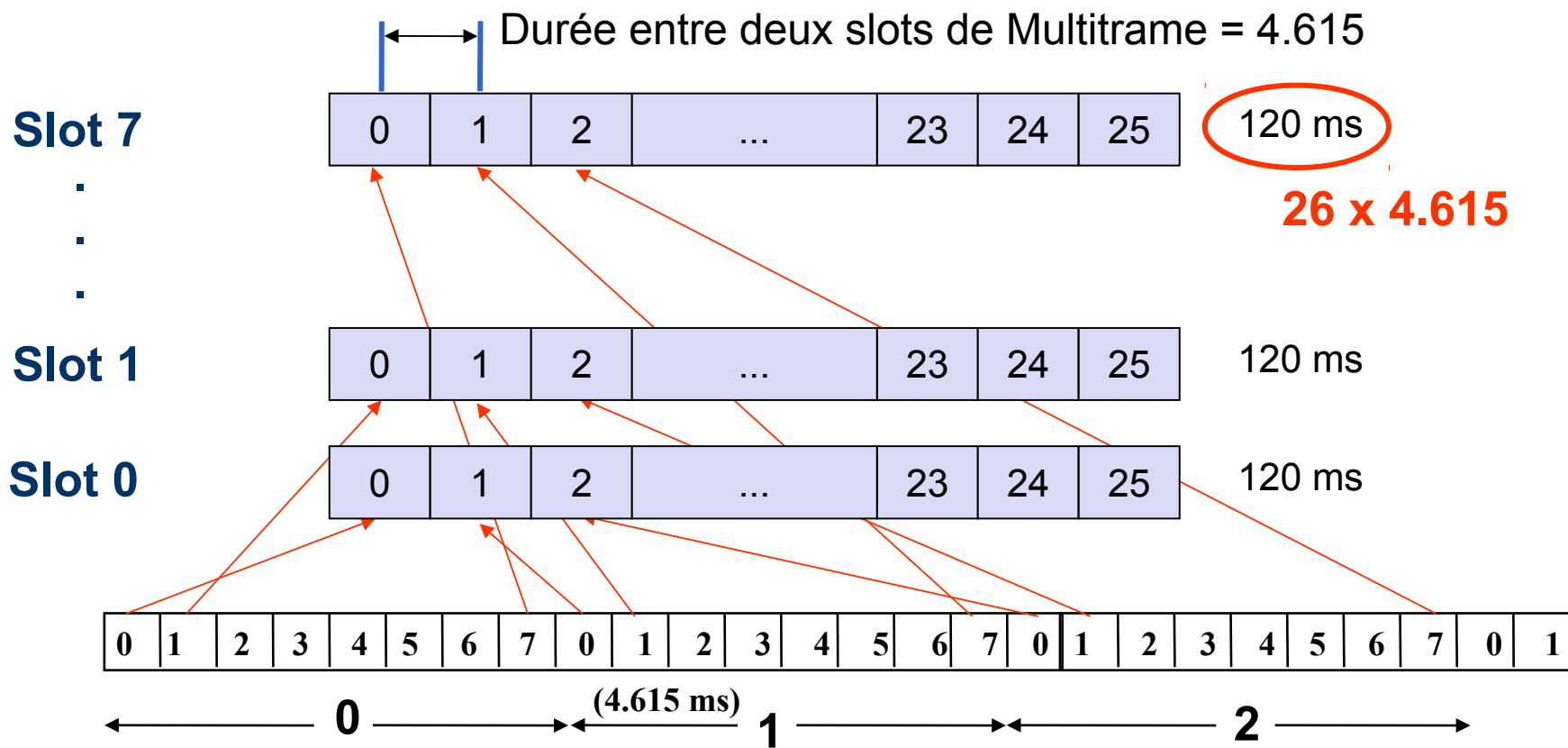
- Modulo  $26 \times 51 \times 2^{11} = 2\,715\,648$
- Une Hypertrame dure 2 715 648 trames

## Chaque BTS transmet régulièrement

- RFN Reduced Frame Number
- Sur le canal SCH (Synchronization channel)

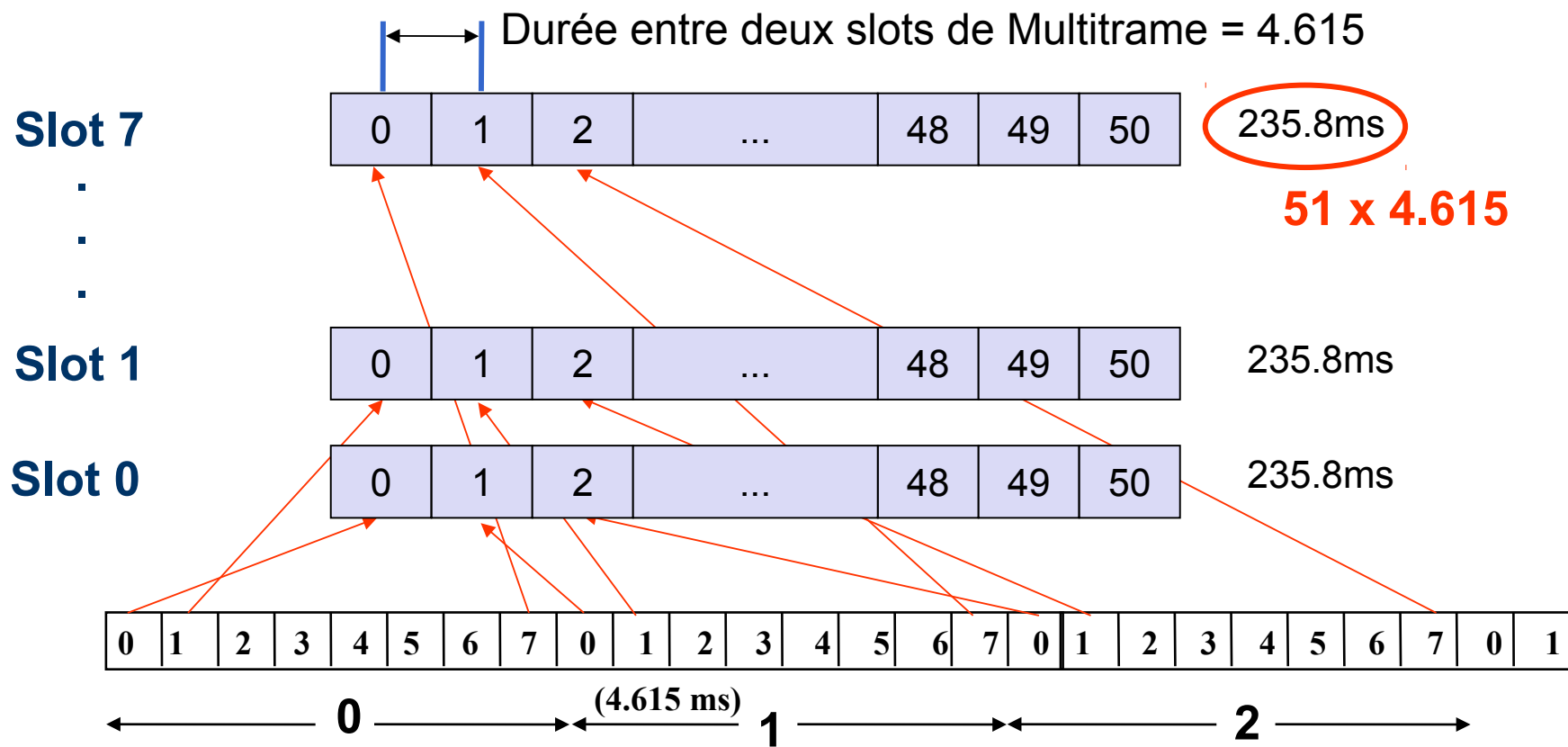
# Organisation des multitrames (I)

On regroupe les slots suivant leur numéro : donc 8 multitrames !

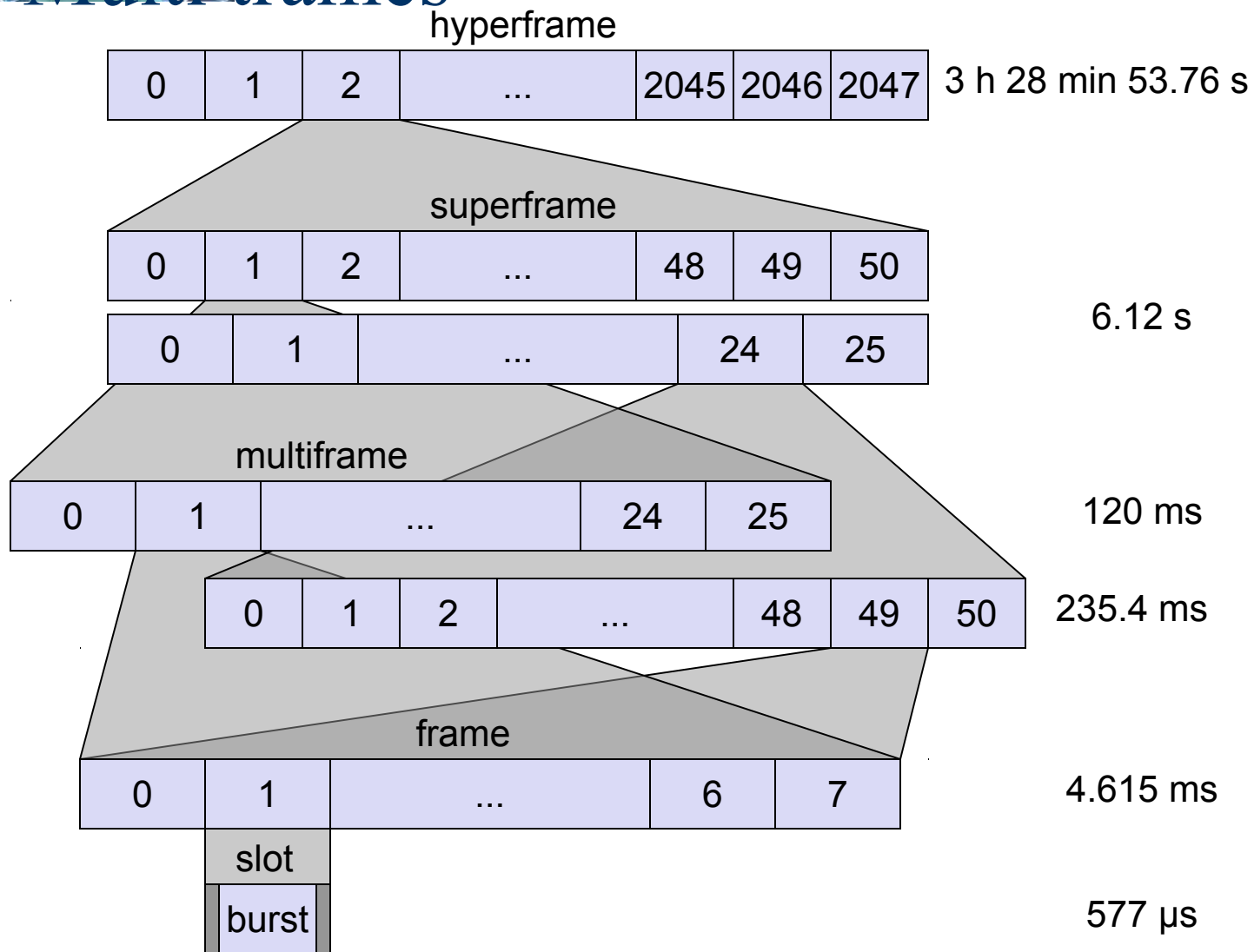


# Organisation des multitrames (II)

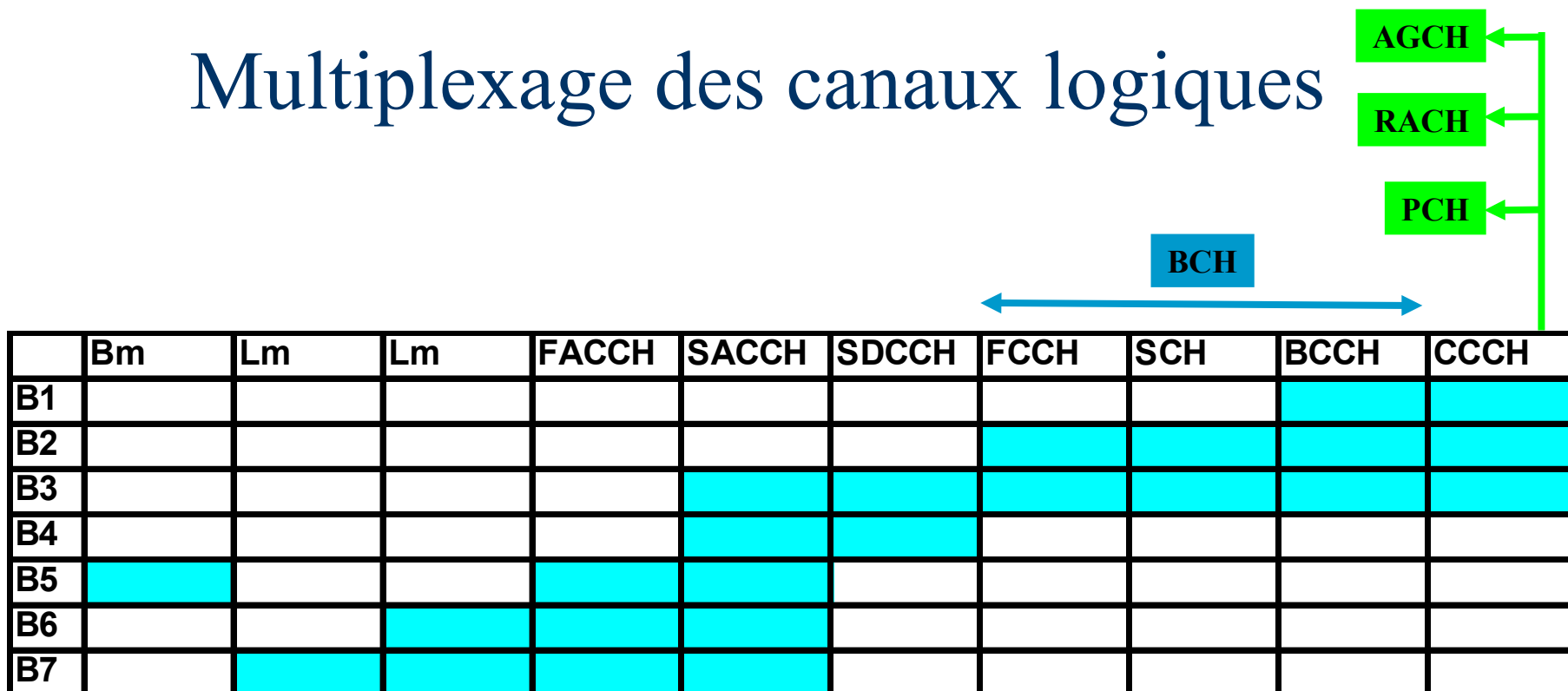
On regroupe les slots suivant leur numéro : donc 8 multitrames !



# CITI Multi-frames



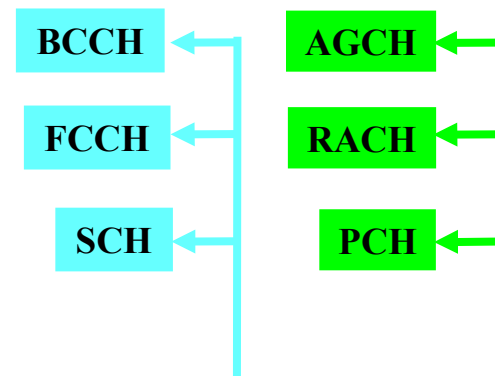
# Multiplexage des canaux logiques



**Sur un slot d'une même multi-trame, toutes les combinaisons de multiplexage ne sont pas possibles**



# Ecoute du mobile



Lorsque le mobile n'a pas encore de canal physique

	Bm	Lm	Lm	FACCH	SACCH	SDCCH	BCH	CCCH
M1								
M2								
M3								
M4								
M5								
M6								
M7								

Lorsque le mobile opère sur un canal de trafic

Lorsque le mobile opère sur un canal de signalisation

Lorsque le mobile est en veille



# Multiplexage TCH-SACCH

Multiplexage sur une multitrame à 26 slots

**T** Canal TCH de trafic plein débit  
**A** et son SACCH associé

**i**

T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	i	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
T	t	T	t	T	t	T	t	T	t	T	t	A	T	t	T	t	T	t	T	t	T	t	T	t	a
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

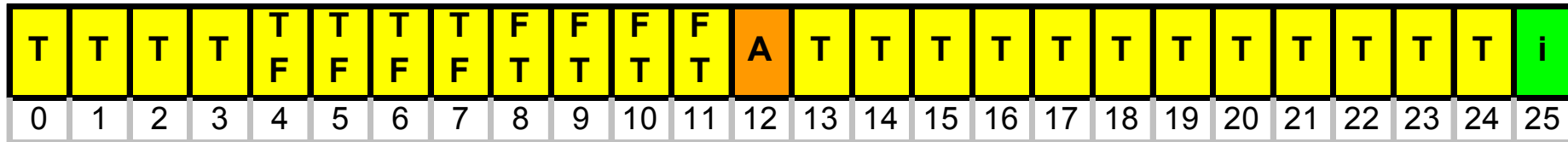
**T** Canal TCH de trafic demi débit  
**A** et son SACCH associé

**t** Canal TCH de trafic demi débit  
**a** et son SACCH associé



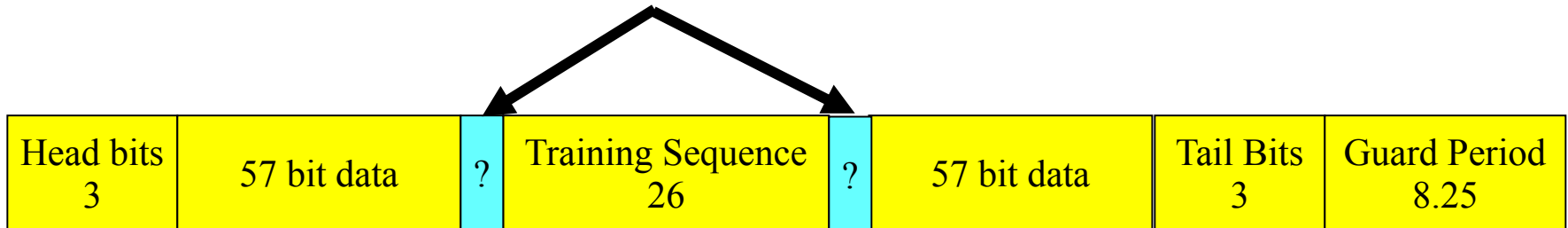
# Multiplexage TCH-FACCH

Multiframe à 26 slots



8 demi-burst volé au canal TCH

Bit de préemption à 0 pour le canal TCH et à 1 pour le canal FACCH





# Multiplexage SDCCH et SACCH

Down link

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	A0	A1	A2	A3		
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--	--

*Trames paires*

A5	A6	A7		D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	A0	
----	----	----	--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--

Up link

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	A5	A6	A2	A7		
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--	--

Down link

A1	A2	A3		D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	A4	
----	----	----	--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--

*Trames impaires*

Up link

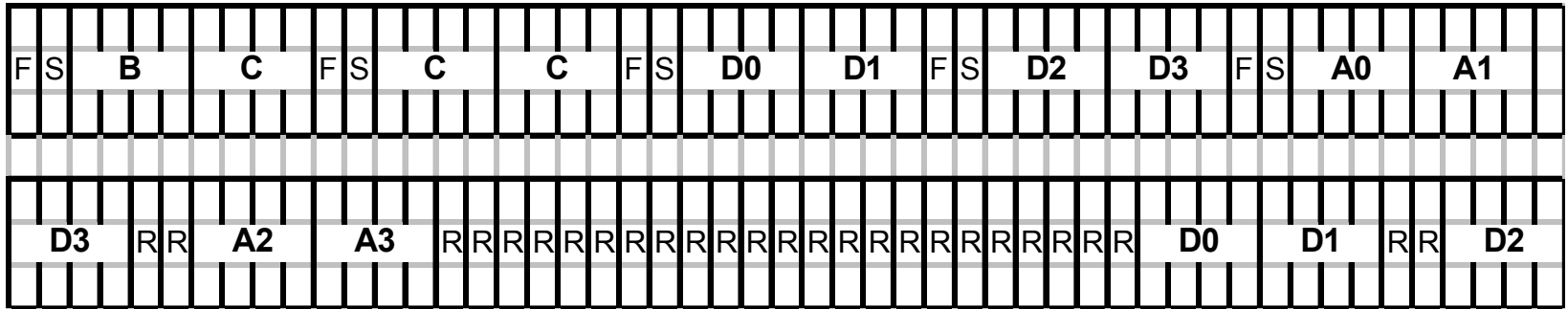
$D_i$  = canal SDCCH et son canal  $A_i$  SACCH associé



# Multiplexage BCCH + CCCH + SDCCH

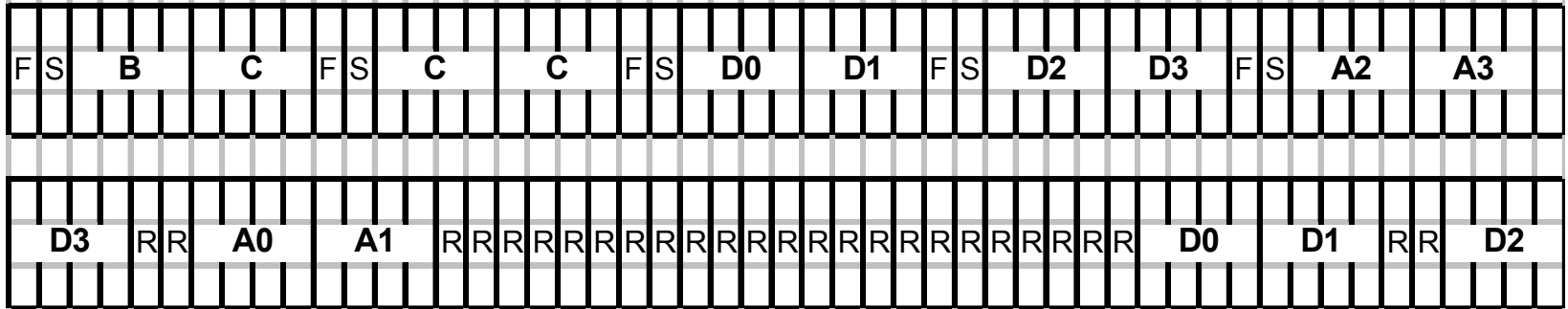
Down link

*Trames paires*



Up link  
Down link

*Trames impaires*

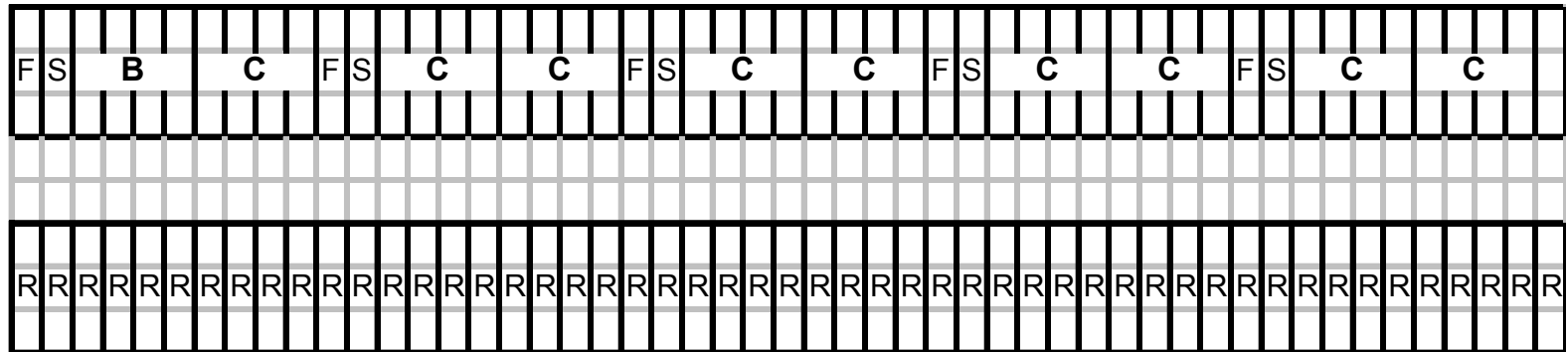


Up link



# Multiplexage BCCH + CCCH

Down link



Up link

# Résumé des combinaisons de canaux

Trame	Canaux de contrôles diffusés	Canaux de contrôles partagés	Canaux dédiés de trafic ou de signalisation	Canaux associés	Remarques
à 51	FCCH + SCH + BCCH	PCH + AGCH + RACH			Seulement sur le Slot 0 - Voie balise : pas de saut en fréquences
à 51	FCCH + SCH + BCCH	PCH + AGCH + RACH	4 SDCCH	4 SACCH	
à 51	BCCH	PCH + AGCH + RACH			Seulement sur les Slot 2, 4 et 6 - Voie balise : pas de saut en fréquences
à 51			8 SDCCH	8 SACCH	
à 26			1 TCH/F (SACCH)	1 SACCH	
à 26			2 TCH/H (SACCH)	2 SACCH	

## Synchronisation logique (I)

Pour se synchroniser et détecter le rôle de chaque porteuse physique, un mobile utilise les paramètres suivants :

- Mobile Allocation Index Offset (MAIO)
- Hopping Sequence Number (HSN)
- Training Sequence Code (TSC)
- Time Slot Number (TN)
- Mobile Allocation (MA) (encore appelé RFCH Allocation)



## Synchronisation logique (III)

$T1 = FN \text{ div } (26 \times 51)$	[0-2047]	Codé sur 11 bits
$T2 = FN \text{ mod } 26$	[0-25]	Codé sur 5 bits
$T'3 = (T3 - 1) \text{ div } 10$	[0-4]	Codé sur 3 bits
Avec	$T3 = FN \text{ mod } 51$	

$$FN = 51 \times ((T3 - T2) \text{ mod } 26) + T3 + 51 \times 26 \times T1$$

$$\text{Avec } T3 = 10 \times T'3 + 1$$



# Télécommunications

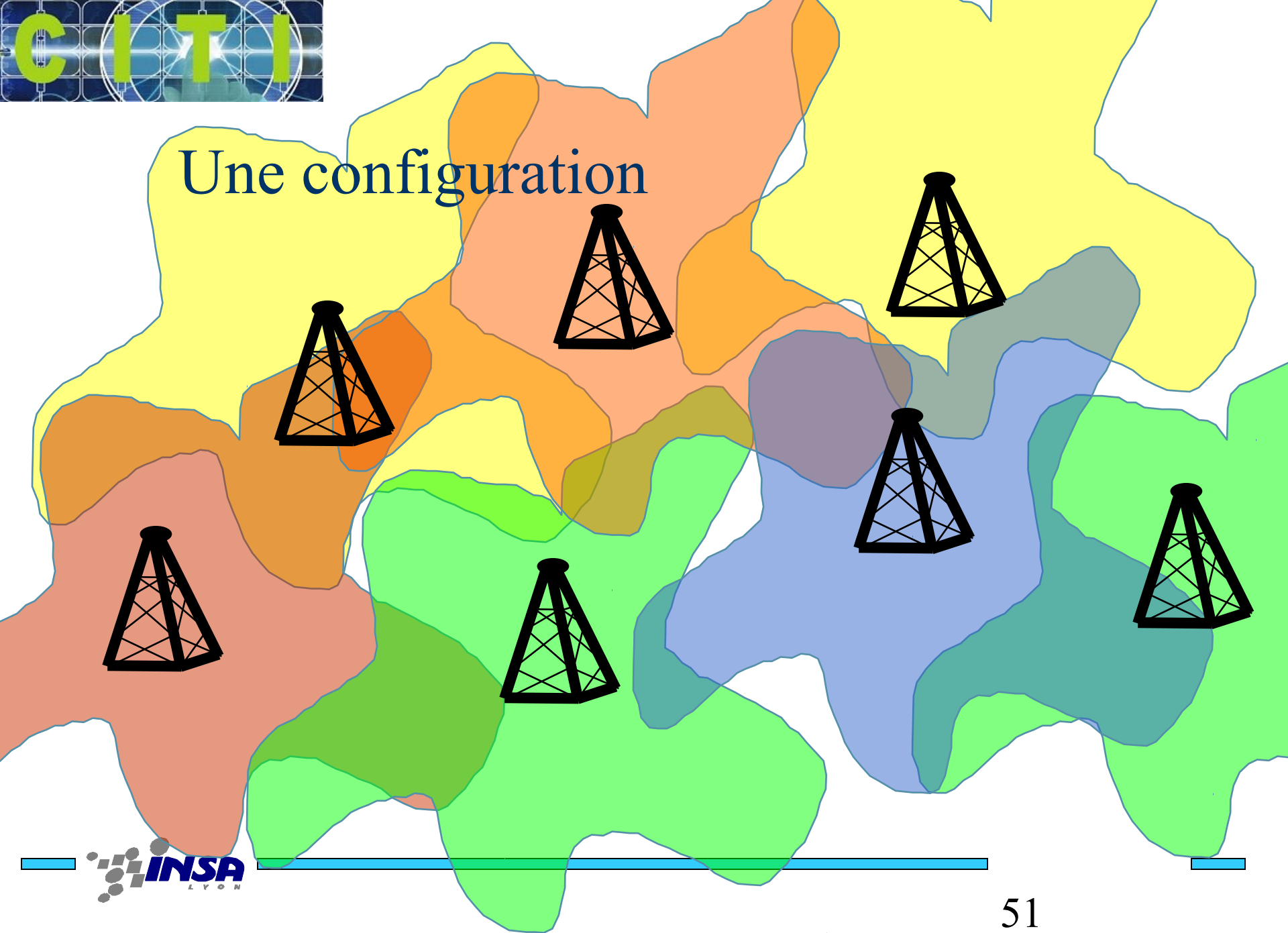
## *Services & Usages*

### COURS ARM COMPLEMENTS CANAUX LOGIQUES

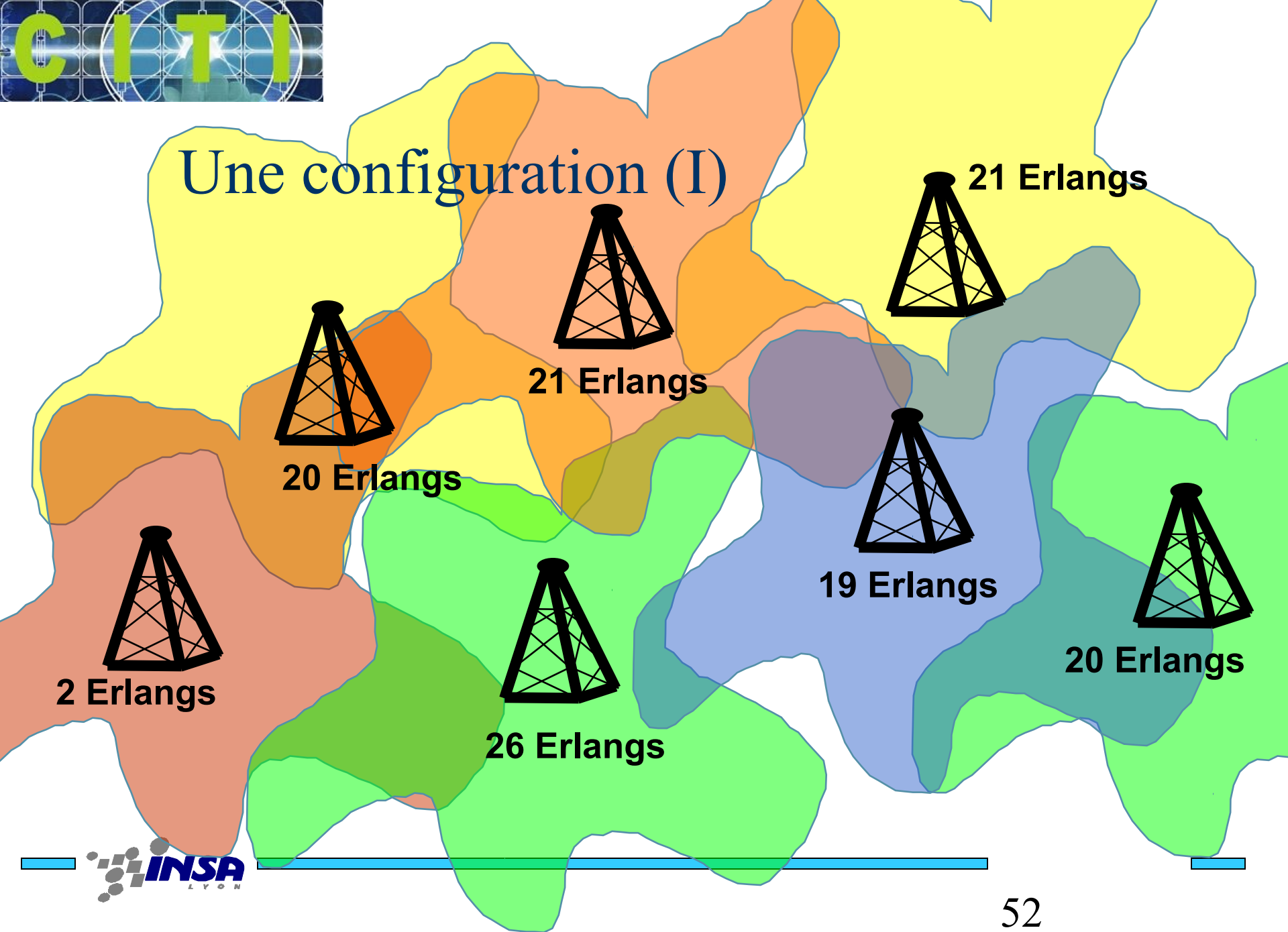
Fabrice Valois & Stéphane Ubéda



# Une configuration



# Une configuration (I)



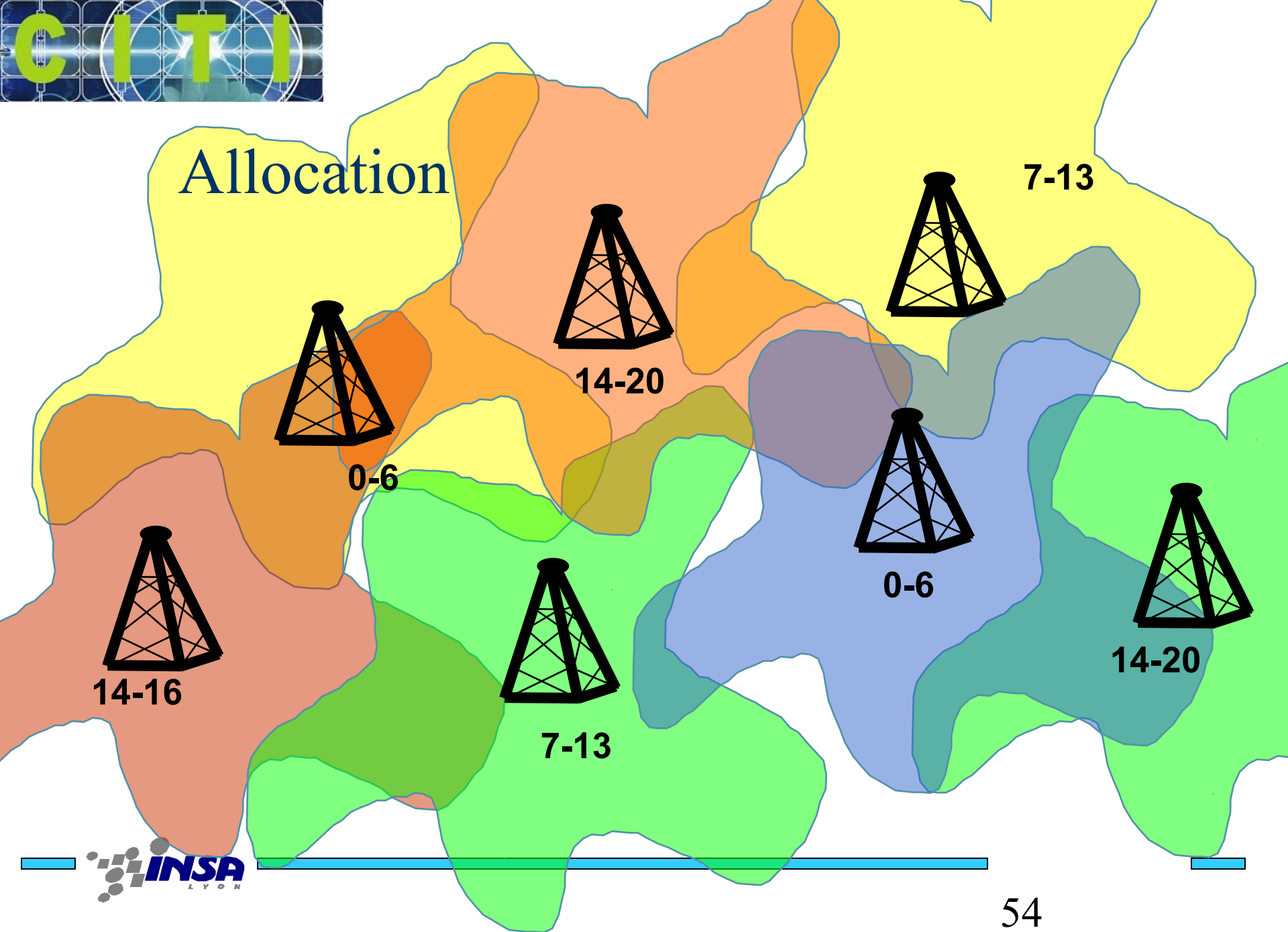


## Configuration des cellules

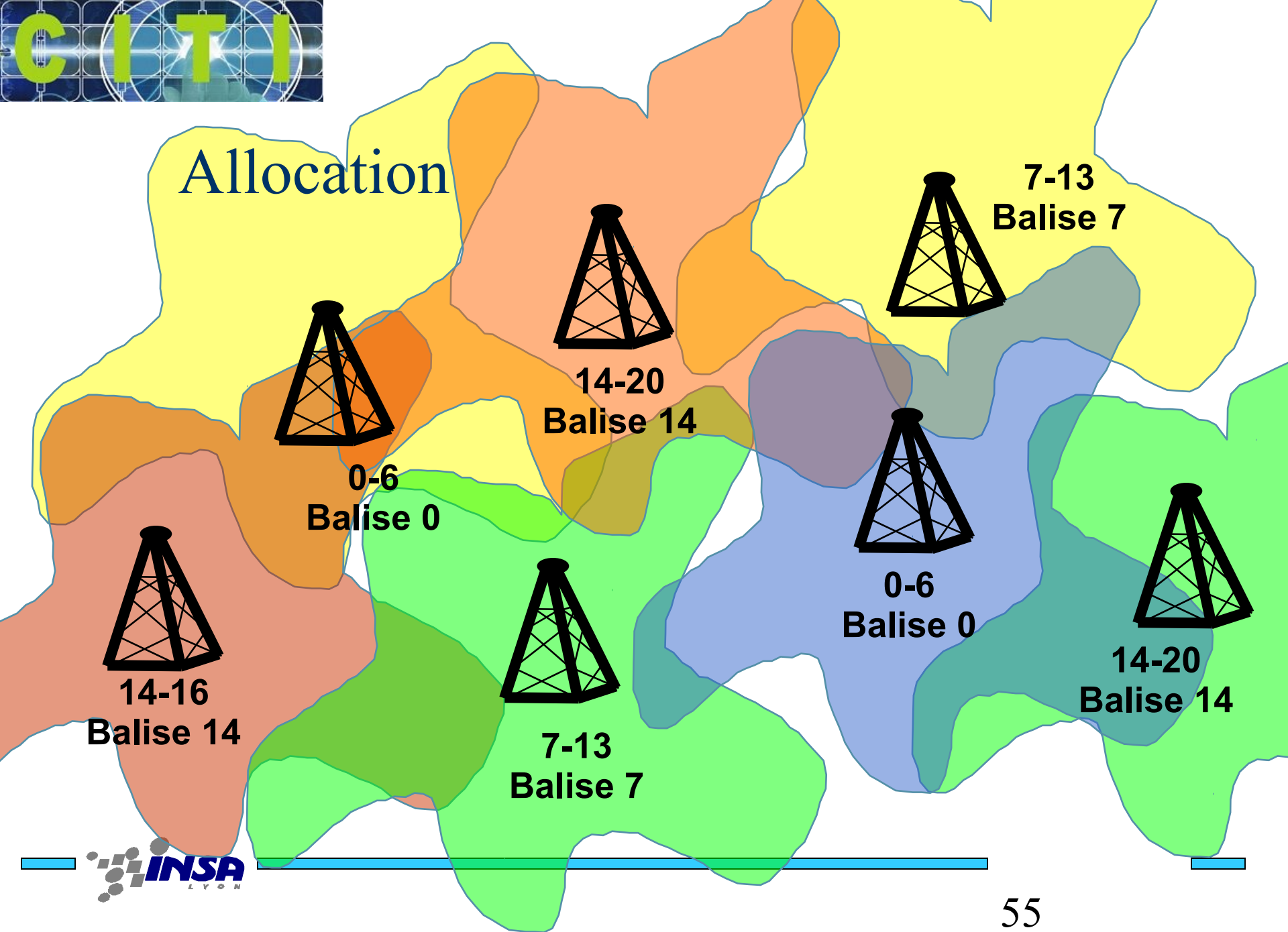
**Quels canaux ?  
Quelles porteuses ?  
Organisation ?**

**Avec 20 porteuses**

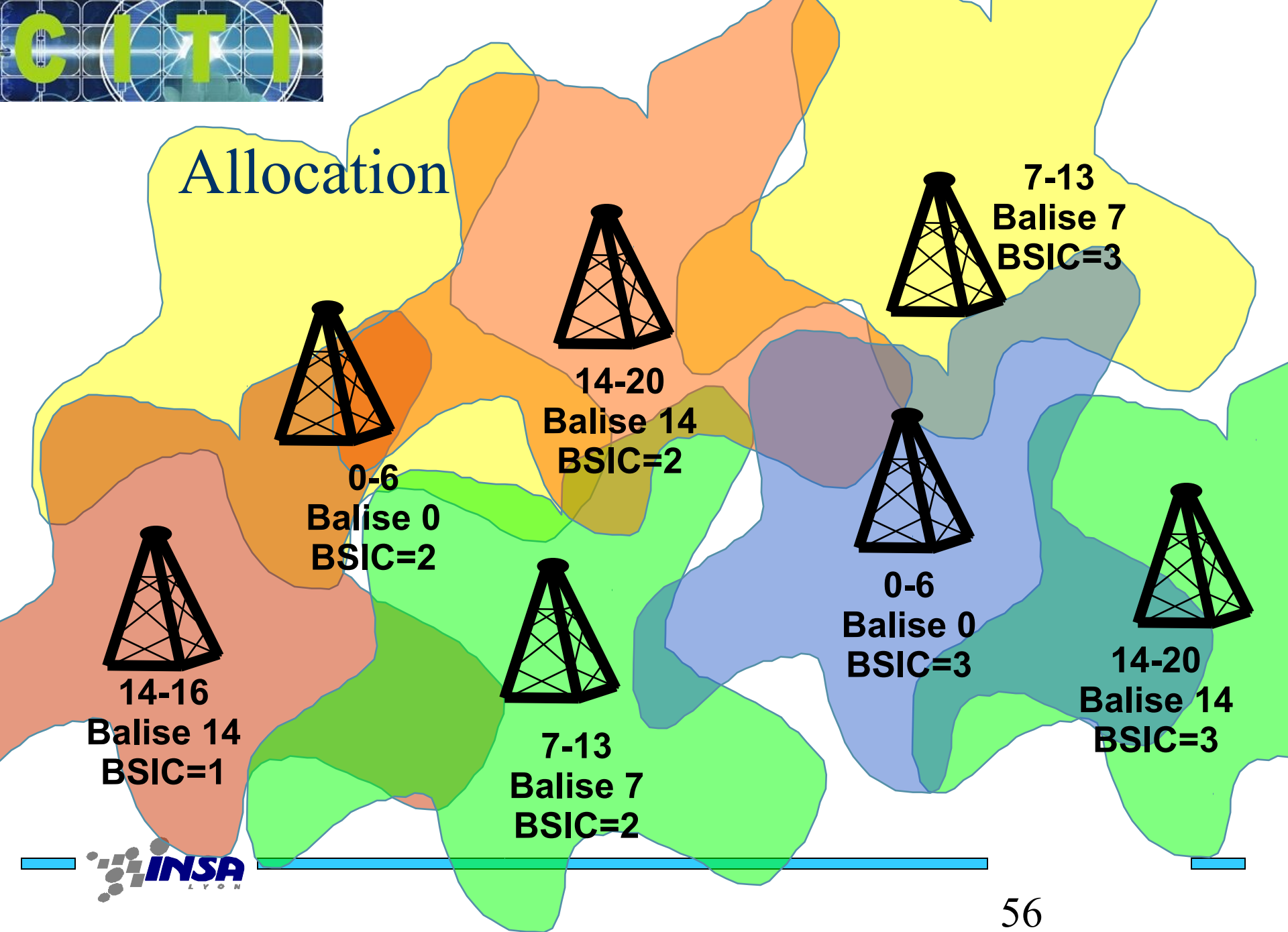
## Allocation



# Allocation



# Allocation



14-16  
Balise 14  
BSIC=1

0-6  
Balise 0  
BSIC=2

14-20  
Balise 14  
BSIC=2

7-13  
Balise 7  
BSIC=2

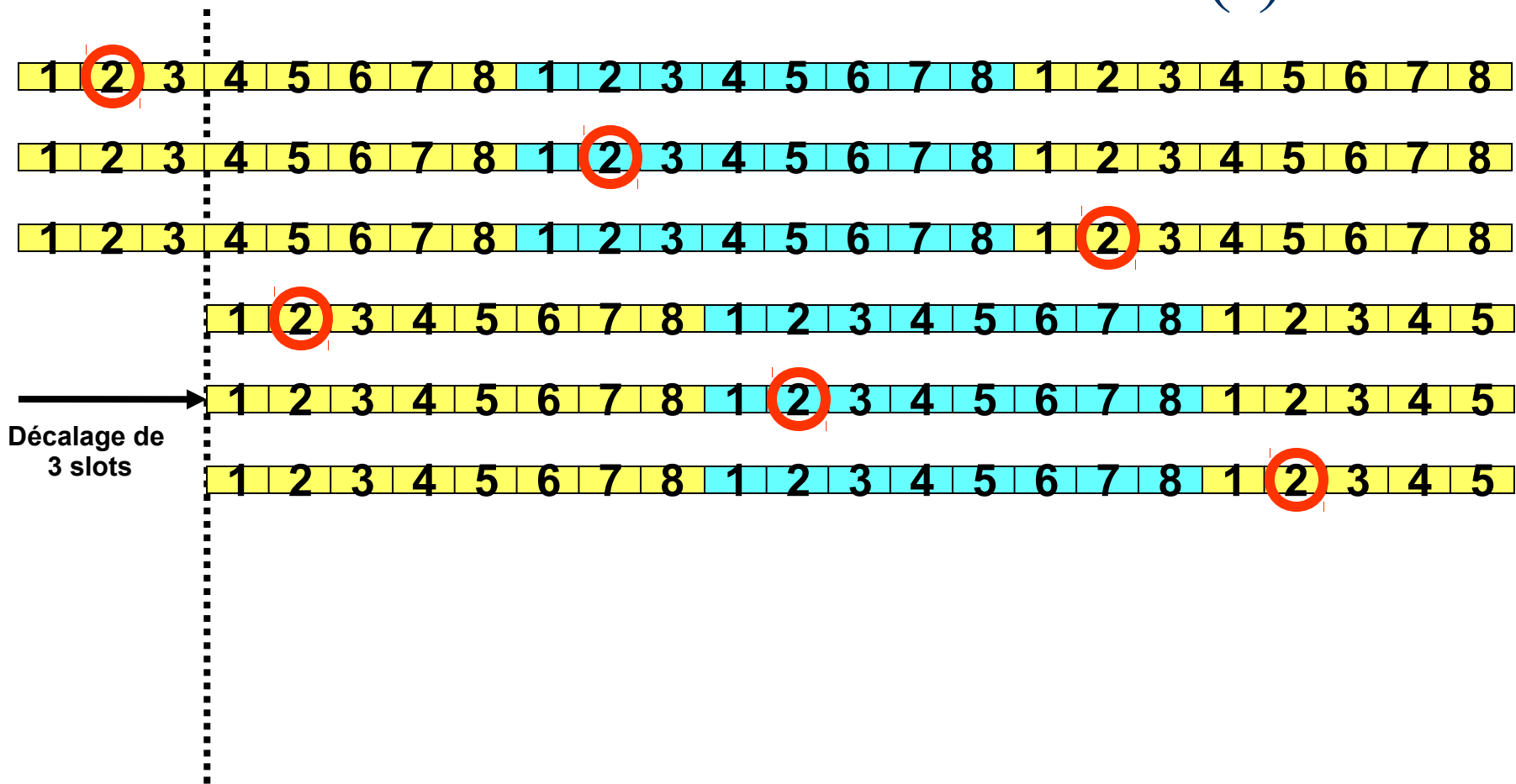
0-6  
Balise 0  
BSIC=3

7-13  
Balise 7  
BSIC=3

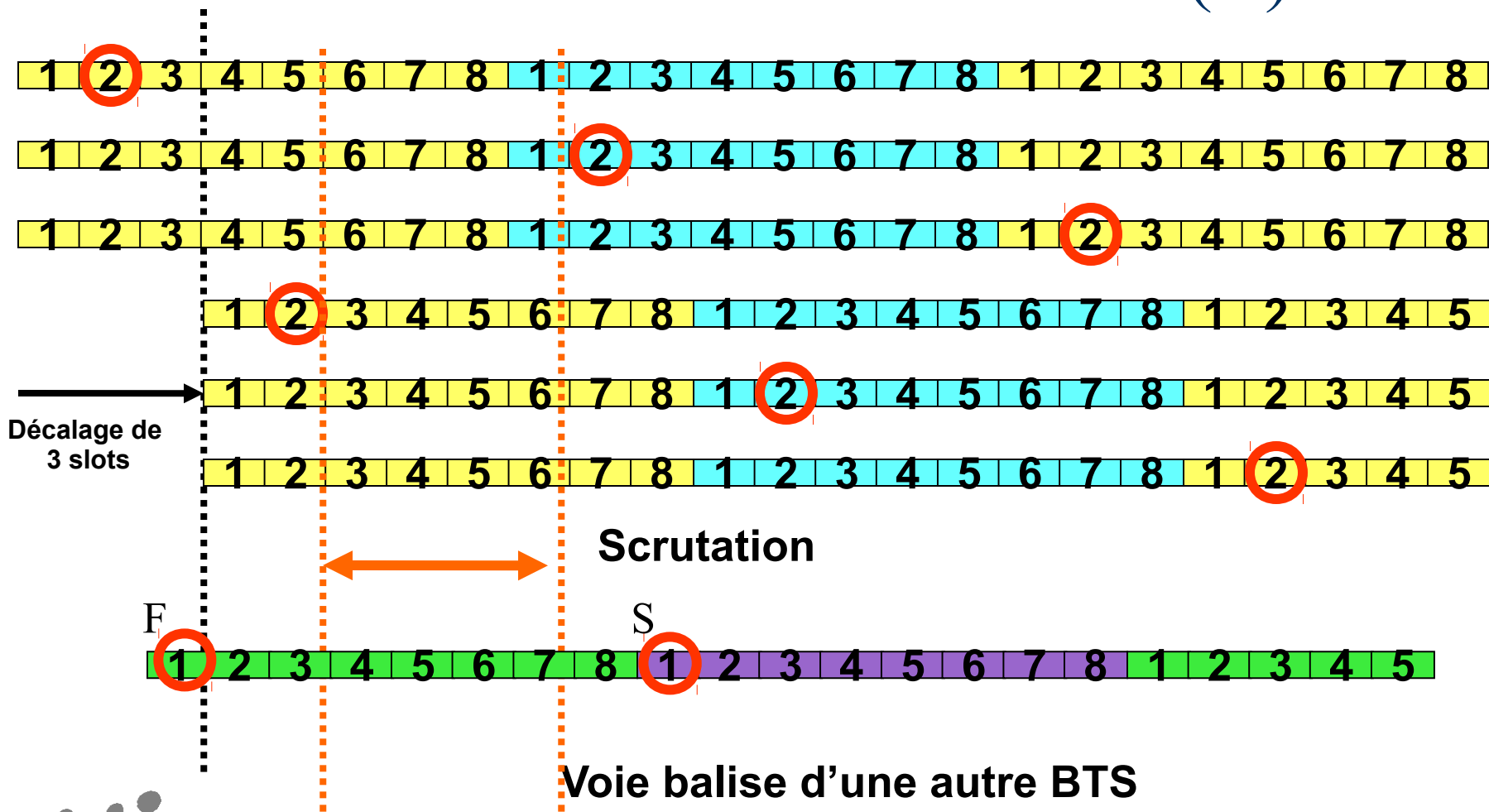
14-20  
Balise 14  
BSIC=3



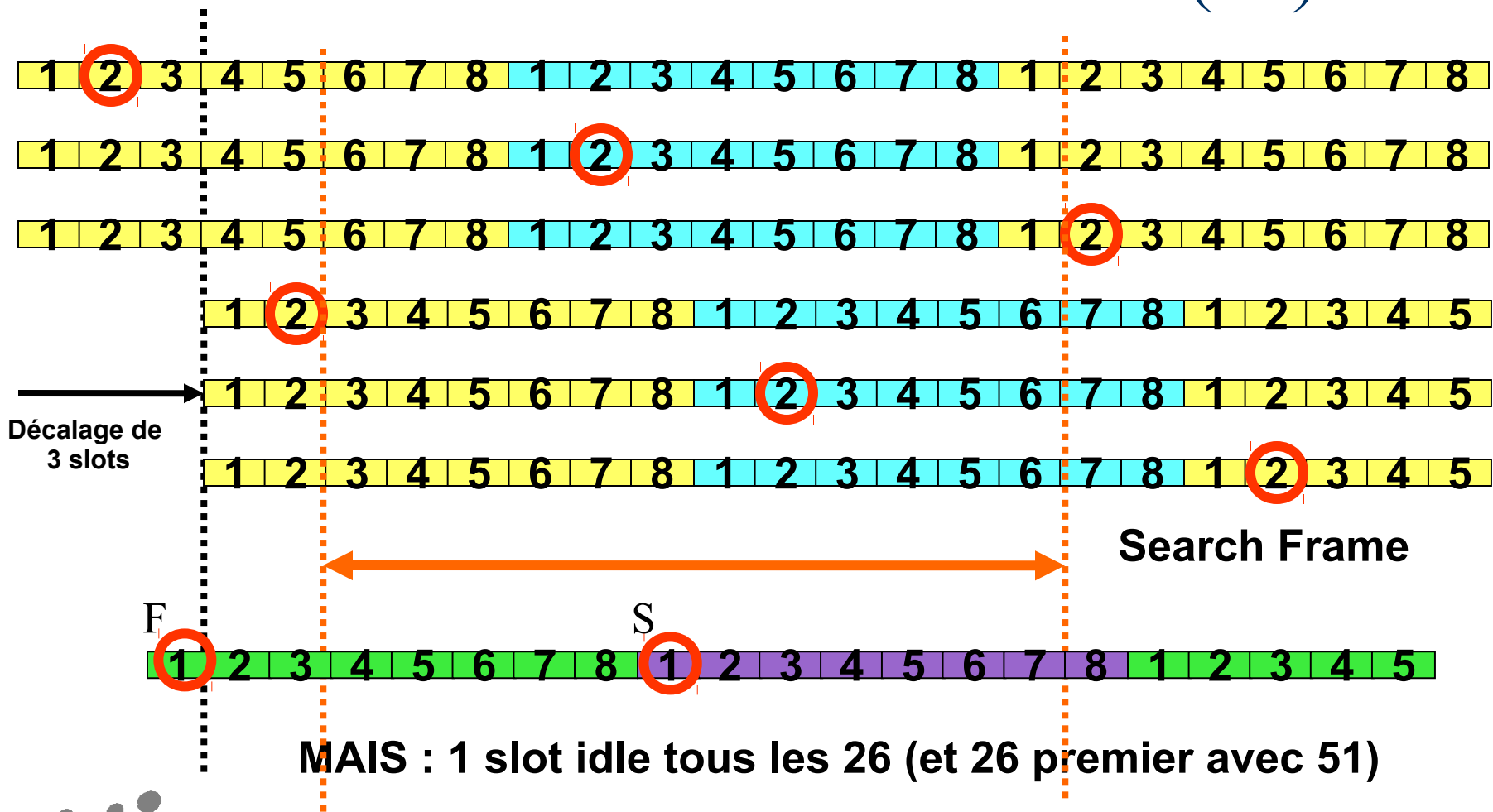
# Scrutation des cellules voisines (I)



# Scrutation des cellules voisines (II)



# Scrutation des cellules voisines (III)





## Search Frame

On mesure pour chaque BTS

- RXVEV : puissance du signal reçu
- RXQUAL : qualité du signal reçu

Valeur moyenne entre 2 instants de SACCH

- 4 Search Frame entre 2 instants (soit 480 ms)

Nécessité de décoder le BISC (canal SCH)