

## Réponse à la consultation sur les modalités de synchronisation des réseaux terrestres en bande 2,6 GHz TDD en France métropolitaine

12 Septembre 2019

**Question n°1. Partagez-vous les éléments exposés? Quelles sont selon vous les contraintes de bande de garde / distance de séparation géographique nécessaires ? Identifiez-vous d'autres solutions de coexistence entre réseaux TDD ?**

L'utilisation de la bande de fréquences B38 (2570-2620 MHz en mode TDD) pour des zones circonscrites en France métropolitaine requière en effet une utilisation coordonnée des ressources radio des réseaux venant à coexister sur ces zones. Cette coordination (synchronisation) dans l'utilisation des ressources radio permet d'éviter les problèmes de brouillage entre réseaux.

Telle que définie au chapitre 2.2.1, une synchronisation (coordination) en structure(s) de trame et en temps de référence permet d'optimiser pleinement l'utilisation des ressources radio de la bande B38 ainsi que de maximiser les dimensions des zones géographiques de déploiement.

Bien que la mise en œuvre de bandes de garde soit fortement recommandée pour une coexistence inter-bande optimale entre réseaux B38 et B7, cette solution est moins intéressante dans le cadre d'une coexistence intra-bande B38. En effet, l'utilisation des ressources radio offertes par la B38 est alors bien moins efficace dans ce dernier cas.

**Question n°2. Dans l'hypothèse d'un fonctionnement non-synchronisé, les conditions techniques proposées par la recommandation de l'ECC (11)05 « Cross-border Coordination for Mobile/Fixed Communications Networks (MFCN) in the frequency band 2500-2690 MHz » pour la bande 2,6 GHz TDD en cas co-canal vous paraissent-elles pertinentes ?**

Nokia est en phase avec les recommandations de l'ECC pour l'utilisation de la bande de fréquences 2500-2690 MHz comme indiqué dans le tableau 1.

**Question n°3. Dans l'hypothèse d'un fonctionnement synchronisé, les conditions techniques proposées par la même recommandation pour la bande 2,6 GHz TDD vous paraissent-elles pertinentes ?**

Nokia considère comme pertinent le contenu technique (i.e. configuration de trame, référence temporelle) donné au chapitre 2.2.1 permettant de définir une utilisation synchronisée des ressources radio entre réseaux TDD.

**Question n°4. Que pensez-vous de ce mode de fonctionnement ? En particulier, partagez-vous la nécessité de fixer une trame de référence au niveau national, afin notamment d'éviter les problèmes de jonction lors de l'apparition de nouveaux réseaux ? Avez-vous d'autres suggestions ?**

Nokia partage le besoin d'établir une trame TDD commune entre des réseaux situés sur la même zone géographique et utilisant des bandes de fréquences proches.

Un cadre de référence commun au niveau national pourrait en effet simplifier la coordination nécessaire entre acteurs ainsi que de garantir une prévisibilité de coexistence entre réseaux existants et à venir.

Toutefois, Nokia recommande fortement d'offrir la possibilité de dérogations afin de traiter des cas spécifiques de réseaux TDD co-canal ou de fréquences proches situés sur des zones géographiquement proches.

**Question n°6. Pouvez-vous préciser les performances relatives de ces différentes trames ?**

Les performances globales dépendent de la configuration déployée. Pour un système TDD, le choix se fait principalement entre MIMO2x2 (référence), MIMO 4x4 (amélioration de la capacité) ou « dual layer beamforming » (amélioration de la couverture, notamment en configuration TDD pour liaison montante).

En termes de capacité, par rapport à MIMO2x2, MIMO4x4 fournit deux fois le débit maximum et le « dual Layer Beamforming » est presque au même niveau (un peu moins en raison de la transmission supplémentaire des signaux de référence)

En termes de couverture, par rapport à MIMO2x2, MIMO4x4 dispose d'une provision supplémentaire de 3dB pour le bilan de liaison et Dual Layer Beamforming a un bilan de liaison supérieur de 6 dB.

Le tableau ci-dessous fournit les performances de débit de pointe pour les différentes trames dans le cas de deux configurations de sous-trames (SF0 et SF7 qui sont les plus extrêmes) pour 64QAM DL et 16QAM UL.

Ces chiffres dépendent de certains paramètres utilisés pour la signalisation. Elles sont calculées selon les règles 3GPP mais peuvent varier en fonction des demandes spécifiques des clients.

Selon la capacité du terminal, jusqu'à 256QAM peut être utilisé en DL et 64QAM en UL. Dans ce cas, les chiffres globaux doivent être multipliés par 1,3 en DL et 1,5 en UL.

Les chiffres de couverture dépendent du débit cible à la périphérie de la cellule (c'est-à-dire de la conception du réseau radio) et ne peuvent être fournis sans cette cible. Pour un débit UL ciblé

donné, les trames avec un débit pic UL plus faible auront une couverture plus faible en raison d'un nombre inférieur de slots pour la transmission UL dans une trame.

Les performances pour 40 MHz utilisés en Carrier Aggregation (mode d'agrégation de porteuses) sont deux fois plus élevées que dans le cas de 20 MHz.

## Down-link Peak Data Rates for SSF config 0 (Mbps)

Link	Duration	Modulation	TM	BW in MHz	5	10	15	20
DL	Frame	64QAM	MIMO 2x2	Frame Cfg 0	4.3	9.4	14.9	22.9
				Frame Cfg 1	10.6	24.0	37.0	53.0
				Frame Cfg 2	17.0	38.7	59.0	83.2
				Frame Cfg 3	17.0	38.7	59.0	83.2
				Frame Cfg 4	20.1	46.1	70.0	98.3
				Frame Cfg 5	23.3	53.4	81.0	113.3
				Frame Cfg 6	7.5	16.7	26.0	38.0
DL	Frame	64QAM	MIMO 4x4	Frame Cfg 0	8.6	19.2	29.9	45.5
				Frame Cfg 1	21.3	49.4	74.0	105.4
				Frame Cfg 2	34.0	79.5	118.0	165.3
				Frame Cfg 3	34.0	79.5	118.0	165.3
				Frame Cfg 4	40.3	94.6	140.0	195.3
				Frame Cfg 5	46.6	109.7	162.1	225.2
				Frame Cfg 6	14.9	34.3	51.9	75.4
DL	Frame	64QAM	Dual Layer BF	Frame Cfg 0	4.3	8.1	12.7	19.4
				Frame Cfg 1	10.6	20.8	31.5	44.9
				Frame Cfg 2	17.0	33.5	50.2	70.4
				Frame Cfg 3	17.0	33.5	50.2	70.4
				Frame Cfg 4	20.1	39.8	59.6	83.1
				Frame Cfg 5	23.3	46.1	69.0	95.9
				Frame Cfg 6	7.5	14.4	22.1	32.1

## Down-link peak data rate for SSF config 7 (Mbps)

Link	Duration	Modulation	TM	BW in MHz	5	10	15	20
DL	Frame	64QAM	MIMO 2x2	Frame Cfg 0	8.9	20.3	31.2	45.0
				Frame Cfg 1	15.2	35.0	53.2	75.1
				Frame Cfg 2	21.6	49.7	75.2	105.2
				Frame Cfg 3	19.3	44.2	67.1	94.2
				Frame Cfg 4	22.4	51.5	78.1	109.3
				Frame Cfg 5	25.6	58.9	89.1	124.4
				Frame Cfg 6	12.1	27.7	42.2	60.0
DL	Frame	64QAM	MIMO 4x4	Frame Cfg 0	17.8	38.8	59.2	84.0
				Frame Cfg 1	30.5	68.7	102.9	143.6
				Frame Cfg 2	43.2	98.7	146.9	203.3
				Frame Cfg 3	38.6	89.1	132.5	184.3
				Frame Cfg 4	44.9	104.2	154.5	214.2
				Frame Cfg 5	51.2	119.2	176.5	244.2
				Frame Cfg 6	24.2	53.7	81.0	113.7
DL	Frame	64QAM	Dual Layer BF	Frame Cfg 0	8.5	17.6	26.8	38.2
				Frame Cfg 1	14.8	30.3	45.6	63.7
				Frame Cfg 2	21.1	42.9	64.3	89.2
				Frame Cfg 3	19.1	38.2	57.3	79.8
				Frame Cfg 4	22.2	44.5	66.7	92.5
				Frame Cfg 5	25.4	50.9	76.0	105.3
				Frame Cfg 6	11.7	23.9	36.2	50.9

## UP-link Peak Data Rates for SSF config 0 (Mbps)

Link	Duration	Modulation	TM Mode	BW (MHz)	5.0	10.0	15.0	20.0
UL	Frame	16QAM	RxDiv	Frame Config 0	5.32	12.91	17.58	26.91
				Frame Config 1	3.49	8.48	11.72	17.84
				Frame Config 2	1.66	3.90	5.86	8.77
				Frame Config 3	2.58	6.26	8.79	13.31
				Frame Config 4	1.66	4.05	5.86	8.77
				Frame Config 5	0.75	1.83	2.93	4.24
				Frame Config 6	4.41	10.69	14.65	22.38
UL	Frame	16QAM	MIMO 2x2	Frame Config 0	10.64	25.82	35.16	53.83
				Frame Config 1	6.98	16.96	23.44	35.68
				Frame Config 2	3.32	7.79	11.72	17.54
				Frame Config 3	5.15	12.53	17.58	26.61
				Frame Config 4	3.32	8.10	11.72	17.54
				Frame Config 5	1.50	3.67	5.86	8.47
				Frame Config 6	8.81	21.39	29.30	44.76
UL	Frame	16QAM	MIMO 4x4	Frame Config 0	21.27	52.69	71.11	107.77
				Frame Config 1	13.94	34.55	47.40	71.44
				Frame Config 2	6.60	15.81	23.70	35.12
				Frame Config 3	10.27	25.48	35.55	53.28
				Frame Config 4	6.60	16.41	23.70	35.12
				Frame Config 5	2.94	7.34	11.85	16.95
				Frame Config 6	17.61	43.62	59.26	89.60

## UP-link Peak Data Rates for SSF config 7 (Mbps)

Link	Duration	Modulation	TM Mode	BW (MHz)	5.0	10.0	15.0	20.0
UL	Frame	16QAM	RxDiv	Frame Config 0	5.32	12.91	17.58	26.91
				Frame Config 1	3.49	8.48	11.72	17.84
				Frame Config 2	1.66	3.90	5.86	8.77
				Frame Config 3	2.58	6.26	8.79	13.31
				Frame Config 4	1.66	4.05	5.86	8.77
				Frame Config 5	0.75	1.83	2.93	4.24
				Frame Config 6	4.41	10.69	14.65	22.38
UL	Frame	16QAM	MIMO 2x2	Frame Config 0	10.64	25.82	35.16	53.83
				Frame Config 1	6.98	16.96	23.44	35.68
				Frame Config 2	3.32	7.79	11.72	17.54
				Frame Config 3	5.15	12.53	17.58	26.61
				Frame Config 4	3.32	8.10	11.72	17.54
				Frame Config 5	1.50	3.67	5.86	8.47
				Frame Config 6	8.81	21.39	29.30	44.76
UL	Frame	16QAM	MIMO 4x4	Frame Config 0	21.27	52.69	71.11	107.77
				Frame Config 1	13.94	34.55	47.40	71.44
				Frame Config 2	6.60	15.81	23.70	35.12
				Frame Config 3	10.27	25.48	35.55	53.28
				Frame Config 4	6.60	16.41	23.70	35.12
				Frame Config 5	2.94	7.34	11.85	16.95
				Frame Config 6	17.61	43.62	59.26	89.60

### Question n°7. Quelles trames 5G devraient être disponibles dans les années à venir ? Quel serait le gain en performance et en fonctionnalités de la 5G par rapport à la 4G dans cette bande ?

Nokia suit les demandes du marché afin de supporter l'évolution des besoins. A ce jour, les configurations de trame TDD 1 et 0 en 4G semblent couvrir la plupart des besoins exprimés par nos clients. Le standard 5G du 3GPP est aujourd'hui à ces premières versions de spécifications. Ce standard sera donc amené à évoluer dans les années qui viennent. D'un point de vue Nokia, il semble donc prématuré d'imposer d'ores-et-déjà aux réseaux 4G TDD des contraintes (e.g. une configuration de trame) de cohabitation/synchronisation avec de futures réseaux 5G dans une définition actuelle du standard.

**Question n°8. Dès lors qu'une trame de référence est fixée au niveau national, quel ratio sens montant / sens descendant et quelle trame de synchronisation vous semblent les plus pertinents pour répondre aux besoins de l'ensemble des utilisateurs ? Dans quelle mesure vous semble-t-il important d'anticiper un déploiement éventuel de systèmes d'antennes actives dans cette bande ? Que pensez-vous de la trame LTE n°2, sous-trame n°7 comme trame de référence ? Voyez-vous d'autres options pertinentes de modes de fonctionnement par rapport à l'enjeu 5G ? Le principe de la synchronisation est que, à tout instant, les équipements concernés fonctionnent simultanément soit en liaison montante soit en liaison descendante. Ceci suppose l'utilisation d'un temps commun de référence pour démarrer les trames en même temps.**

Les usages anticipés de la 4G pour des réseaux privés sont multiples. Les profils UL/DL diffèrent des usages grand public, avec généralement des besoins en flux de trafic UL plus importants. Ainsi, par exemple, les besoins opérationnels en communications radio sol-train requièrent déjà aujourd'hui une capacité à supporter de larges flux de données (e.g. la vidéo surveillance embarquée) sur la voie montante.

La vue actuelle de Nokia selon les retours clients et les applications partagées par le marché entreprise suggère une préférence pour la configuration 0 (équilibrée en débit radio pour profils orientés UL) et pour la configuration 1 (asymétrique en débit radio, plus orientée DL). La demande d'utilisation de la configuration 2 est actuellement limitée en France et sur les autres marchés.

Quelques-uns des usages demandés illustrant les préférences de configuration mentionnées incluent :

- Téléchargement de données depuis les transports urbains, des trains vers les gares, des informations des avions vers les centres de contrôle, téléchargement d'images de vidéosurveillance, retour vidéo de robots de maintenance.
- PMR (Professional Mobile Radio) - communications voix/données critiques de groupe, transmission de vidéos terrain, contrôle des infrastructures critiques comme la distribution d'électricité, réseaux ad hoc avec des exigences spécifiques de sécurité, de résilience et de fiabilité et avec une forte densité d'utilisateurs.
- Automatisation : applications comprenant la commande à distance de machines et de robots sans fil, véhicules guidés.

Les usages continueront à évoluer à mesure que les solutions et les déploiements arriveront à maturité. Un accord sur la trame de référence faciliterait la coordination de tous les acteurs.

**Question n°9. Le cas échéant, comment cette référence de temps devrait-elle être fixée ?  
Quelle serait-elle la référence ?**

Les systèmes de géolocalisation par satellite tels que GPS, Galileo et Glonass sont des solutions de référence temporelle appropriées pour fournir une référence temporelle "commune" à plusieurs réseaux TDD dans des zones proches ou différentes.