



# Évaluation de la LTE-M par rapport aux exigences de la 5G IoT

Entreprises contributives et de soutien :



## Sommaire exécutif

Le LTE-M, une variante de la norme LTE 3GPP axée sur les machines, est conçu pour répondre aux exigences de l'Internet des objets (IoT) en matière de couverture élevée, de faible coût et de faible consommation d'énergie. En janvier 2017, un groupe de plus d'une douzaine d'acteurs du secteur a évalué les performances de couverture du LTE-M prend en charge la couverture très étendue requise pour les applications IoT [1]. Ce document de suivi passe à l'étape suivante pour évaluer la latence des messages, la durée de vie de la batterie et les performances de capacité des appareils LTE-M de catégorie M1.

Plus précisément, le présent document évalue les performances du LTE-M par rapport aux exigences initiales de l'IoT cellulaire (CIoT) du 3GPP TR 45.820 [2], mais (ce qui est peut-être plus important) compare également les performances du LTE-M aux exigences plus récentes du 3GPP 5G IoT ou des communications massives de type machine (mMTC). Les prescriptions relatives à la couverture, au temps de latence des messages et à la durée de vie de la batterie sont spécifiées dans le document 3GPP TR 38.913 [3] et les exigences de capacité sont définies dans les deux rapports de l'ITU, à savoir les lignes directrices pour l'évaluation des IMT-2020 [4] et les prescriptions IMT-2020 [6].

En commençant par les exigences du CIoT, la latence des messages pour le LTE-M dans des conditions de couverture extrêmement profondes s'est avérée être de 6,2 secondes, ce qui est bien inférieur à l'objectif fixé de 10 secondes. La durée de vie de la pile dans des conditions de couverture extrêmement profondes a été établie à 10,4 ans, ce qui est supérieur à l'exigence de 10 ans dans l'hypothèse d'un message de liaison montante de 200 octets par jour. A la limite de la couverture normale (c'est-à-dire là où votre téléphone intelligent cesse de fonctionner aujourd'hui), la performance s'améliore de façon significative, où la latence des messages s'est avérée être de 0,1 seconde et la durée de vie de la pile de 35,7 ans.

En ce qui concerne les exigences de l'IoT, même si les exigences de couverture de la 5G sont jusqu'à 4 dB plus difficiles que celles de l'IoT, l'analyse du présent document montre que le LTE-M obtient également une note de passage pour la 5G. Les résultats sont résumés dans le tableau 1.

Exigences 5G	Cible 5G	Performance LTE-M
Largeur de bande nécessaire pour desservir une capacité d'1 million d'appareils par km <sup>2</sup>	50 MHz	70% de 5 MHz
Débit de données à l'affaiblissement de couplage maximal de 164 dB	160 bps	UL 363 bps & DL 1200 bps
Latence du message à l'affaiblissement de couplage maximal de 164 dB	10 secondes	6.7 secondes
Durée de vie de la batterie à la perte de couplage maximale de 164 dB	10 ans	10.9 ans

Tableau 1 : Résumé des performances

N'oubliez pas que les performances ci-dessus sont destinées à une couverture extrêmement profonde. Dans une couverture normale, la performance sera améliorée de façon significative.

L'évaluation est basée sur les spécifications LTE-M de la version 13 (ainsi que sur les répétitions des canaux de contrôle de la liaison montante de la version 14). Cependant, le travail du 3GPP sur les améliorations de la version 15 LTE-M promet d'améliorer les résultats de couverture, de latence des messages, d'autonomie de la batterie et de capacité présentés dans ce document. Si les premières indications se confirment, on peut s'attendre à ce que les améliorations de la version 15 prennent en charge les exigences de la 5G IoT dans toutes les configurations de système, y compris les configurations d'antennes de station de base avec seulement deux antennes de réception et deux antennes d'émission, sans qu'il soit nécessaire de renforcer la densité spectrale de puissance (PSD) sur la liaison descendante.

Lorsque l'on prend en compte ces résultats pour la couverture, la latence des messages, la puissance de la batterie et la capacité, il devient évident que le LTE-M est en bonne voie pour répondre aux futures exigences des applications 5G IoT et mMTC. De plus, le LTE-M est une technologie LPWA (Low Power Wide Area) très polyvalente, car elle prend également en charge des débits de données plus élevés, le trafic en temps réel, la mobilité totale et la voix.

## Table des matières

Évaluation de la LTE-M par rapport aux exigences de la 5G IoT.....	1
Sommaire exécutif .....	2
Table des matières.....	4
1. Introduction et champ d'application.....	5
2. Abréviations .....	6
3. Perte d'accouplement maximale (MCL) .....	7
4. Couverture.....	8
4.1 Canal de données ascendant (PUSCH).....	9
4.2 Canal de données en liaison descendante (PDSCH).....	10
4.3 Canal de contrôle .....	11
4.4 Sommaire des couvertures .....	12
5. Latence des messages .....	12
5.1 Séquence des messages.....	12
5.2 Latence du message au CloT 164 dB MCL.....	14
5.3 Latence du message à 5G 164 dB MCL .....	14
6. Autonomie de la batterie.....	15
6.1 Autonomie de la batterie CloT 164dB MCL.....	15
6.2 Autonomie du 5G 164 dB MCL.....	16
7. Capacité.....	16
7.1 Hypothèses d'évaluation .....	16
5.1 Évaluation des résultats .....	18
8. Améliorations du LTE-M dans les versions 14 et 15.....	19
9. Résumé.....	20
10. Références.....	21

## 1. Introduction et champ d'application

En plus de servir un ensemble polyvalent de cas d'utilisation LPWA, le LTE-M a été conçu pour prendre en charge les exigences en matière de débit de données, de latence, d'autonomie de la batterie et de capacité du système, même dans les conditions de couverture les plus strictes. Cela garantit que le LTE-M peut servir les déploiements IoT à grande échelle, couvrant le dernier kilomètre et au-delà avec une qualité de service garantie et des exigences de maintenance minimales.

---

**Message clé :** Ce document évalue toutes les exigences de l'ITU et du 3GPP 5G ainsi que les exigences de l'IoT cellulaire

---

Ce livre blanc fait suite au livre blanc sur la couverture LTE-M [1] publié en janvier 2017. Le livre blanc sur la couverture LTE-M portait sur l'exigence de couverture des CloT définie dans le document TR 45.820 du 3GPP [2], mais plusieurs autres aspects de la plateforme figurant dans le document TR 45.820 n'ont pas été abordés dans la premier livre blanc. En outre, depuis janvier 2017, l'ITU et le 3GPP ont publié de nouvelles prescriptions 5G IoT/mMTC qui doivent être évaluées.

Le présent document évalue toutes ces exigences restantes :

- Exigences de CloT TR 45.820 [2] :
  - Latence du message
  - Durée de vie de la batterie
- Exigences 5G IoT de l'IMT-2020 [4][6] :
  - Densité de la connexion (capacité)
- Exigences 5G IoT de TR 38.913 [3] :
  - Couverture
  - Latence des messages
  - Durée de vie de la batterie

L'évaluation a été faite en supposant que la catégorie LTE-M est la catégorie M1 de la version 13 [7], sauf indication contraire.



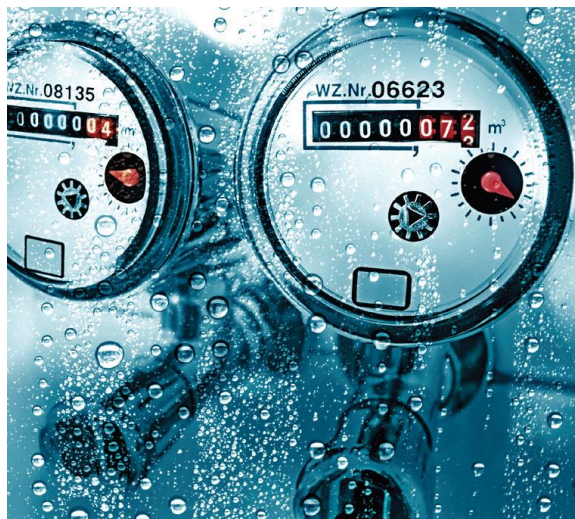
## 2. Abréviations

Abr.	Term	Abr.	Term	Abr.	Term
3GPP	3° génération de partenaire de projet	LPWA	Zone étendue à faible puissance	PUCCH	Canal de contrôle physique de la liaison montante
5G	5° génération cellulaire	LTE	Évolution à long terme	PUSCH	Canal partagé de liaison montante physique
ACK	Reconnaître	LTE-M	Évolution à long terme pour les communications de machine-type	QAM	Modulation d'amplitude en quadrature
AM	Mode reconnaissance	MAC	Contrôle d'accès aux médias	RAI	Renseignements sur l'aide à la libération
Bps	Bits par seconde	MCL	Perte d'accouplement maximale	RAN	Réseau d'accès radio
BLER	Taux de bloc d'erreur	MHz	Mégahertz	RLC	Commande de liaison radio
BW	Bande passante	MIB	Bloc d'informations principal	RRC	Contrôle des ressources radio
CloT	IoT cellulaire	MO	Origine du mobile	RX	Recevoir
Db	Décibel	MDPCCH	MTC Canal de contrôle physique de la liaison descendante	Sec	Seconde
dBm	Rapport de puissance en décibels par rapport à un milliwatt	MTC	Communications de type machine	SF	Sub-frame
DL	Liaison descendante (de l'eNB à l'UE)	mMTC	Communications massives de type machine	SIB	Blocage des informations système
eNB	Nœud B amélioré (station de base LTE)	NF	Figure de bruit	SIB1-BR	Réduction de la largeur de bande du bloc d'informations système 1
ETU	Prolongée Typique Urbaine	PA	Amplificateur de puissance	SSS	Signal de synchronisation secondaire
EVAL	Evaluation	PAPR	Taux Peak-to-Average-Power	SNR	Rapport signal/bruit
FDD	Duplexage par répartition en fréquence	PBCH	Canal de diffusion physique	TBS	Taille du bloc de transport
GERAN	Réseau d'accès radio GSM Edge	PDCP	Packet Data Convergence Protocol	TM	Mode de transmission
HARQ	Demande de répétition automatique hybride	PDSCH	Canal partagé de liaison descendante physique	TR	Rapport technique
IMT	Télécommunications mobiles internationales	PDU	Données unitaire packet	TX	Transmettre
IP	Protocole Internet	PRACH	Canal d'accès physique aléatoire	UE	Équipement d'utilisateur
ITU	Union internationale des télécommunications	PRB	Bloc physique de ressources	UL	Liaison montante
Km	Kilomètre	PSD	Densité spectrale de puissance	Wh	Watt hour
LNA	Amplificateur à faible bruit	PSM	Mode d'économie d'énergie		
LLS	Link Layer Simulation	PSS	Signal de synchronisation primaire		

### 3. Perte d'accouplement maximale (MCL)

**Fait :** MCL est une mesure très courante pour décrire la quantité de couverture qu'un système peut supporter, mais elle dépend des chiffres de bruit supposés.

La prise en charge d'une gamme de couverture élevée est l'une des exigences les plus fondamentales pour les technologies de l'IoT visant à fournir une couverture omniprésente. Dans le présent document, la couverture est désignée par l'expression « perte de couplage maximale » (PCM). La perte de couplage maximale est une mesure pratique puisqu'elle est définie comme la différence entre la puissance de sortie au connecteur d'antenne d'un nœud d'émission et la puissance d'entrée au connecteur d'antenne de réception nécessaire pour fournir une qualité de service ciblée.



Le présent document analyse trois ensembles de besoins : un ensemble issu de l'étude initiale du 3GPP sur la Clot décrite dans le document TR 45.820 [2], un ensemble issu de l'étude des besoins de l'ITU concernant les systèmes IMT-2020, tels qu'ils sont décrits dans les rapports de l'ITU intitulés Directives d'évaluation des IMT-2020 [4] et besoins des IMT-2020 [6]. Le niveau de bruit thermique intrinsèque (MCL) réalisable dépend fortement du chiffre de bruit supposé du dispositif (c'est-à-dire de l'équipement d'utilisateur ou de l'UE) et de la station de base LTE (c'est-à-dire du nœud B amélioré ou eNB) qui définit le niveau de bruit thermique intrinsèque dans ces nœuds. Malheureusement, les hypothèses relatives à la station de base et au facteur de bruit du dispositif (NF) sont différentes pour les trois ensembles d'exigences mentionnés, ce qui affecte les exigences MCL. Le tableau 2 résume le mode de calcul de la MCL (pour en savoir plus sur le calcul de la MCL, voir [1]) :

Entrée MCL	Valeur
<b>Emetteur</b>	
(0) Puissance Tx maxi (dBm)	Puissance PA de l'UE ou de l'eNB
(1) Puissance dans la largeur de bande du canal (dBm)	Calculée
<b>Récepteur</b>	
(2) Densité de bruit thermique (dBm/Hz)	Constance -174 dBm/Hz
(3) Facteur de bruit du récepteur (dB)	Dépend du LNA
(4) Largeur de bande de canal occupée (Hz)	Bande passante du signal
(5) Puissance sonore effective = (2) + (3) + 10log ((4)) dBm	Calculée
(6) SNR requis	La valeur provient de la simulation des liens
(7) Sensibilité du récepteur = (5) + (6) (dBm)	Calculée
(8) MCL = (1) - (7) (dB)	Calculée

Tableau 2 : Calcul MCL

**Fait :** Les valeurs de bruit supposées pour les exigences 5G et CloT sont différentes, de sorte que le MCL est différent.

Comme le montre le calcul ci-dessus, le NF du récepteur est une entrée directe dans le calcul de la MCL, de sorte que tout écart dans le NF affecte directement le MCL calculé résultat. La NF est basée sur la qualité de l'entrée du récepteur, y compris son amplificateur à faible bruit (LNA), de sorte que la NF supposée peut être un choix subjectif. Le tableau 3 indique les NF utilisés dans chaque ensemble de prescriptions.

Chiffres sur le bruit des récepteurs	Applicabilité	Station de base	Dispositif
3GPP GERAN Study TR 45.820 ("CloT")	Sections 5 & 6	3 dB	5 dB
3GPP 5G RAN Study TR 38.913 ("5G")	Sections 4, 5 & 6	5 dB	9 dB
5G IMT-2020 Evaluation Guides ("5G IMT")	Section 7	5 dB	7 dB

Tableau 3 : Chiffres sur le bruit des récepteurs

**Fait :** L'exigence 3GPP 5G 164 dB MCL de TR 38.913 est 4 dB plus difficile dans le DL et 2 dB plus difficile dans l'UL que l'exigence 3GPP CloT 164 dB MCL de TR 45.820.

La différence entre les fréquences nationales signifie que la valeur de 164 dB LMC exigée dans l'étude TR 38.913 du RAN 5G de la 3GPP est de 4 dB plus difficile sur la liaison descendante (DL) et de 2 dB plus difficile sur la liaison montante (UL) que la valeur de 164 dB de LMC exigée dans l'étude TR 45.820 du RAN 3 GERAN de la 3GPP.

Par souci de clarté, les exigences de MCL de l'étude CloT tr 45.820 ont un préfixe « CloT » (par exemple « CloT 164 dB MCL ») et les exigences de MCL de l'étude 3GPP 5G dans le TR 38.913 ont un préfixe « 5G » (par exemple « 5G 164 dB MCL »).

#### 4. Couverture

Le principal objectif du livre blanc sur la couverture LTE-M [1] tait de montrer que le LTE-M pouvait prendre en charge des conditions de couverture extrêmement profondes à la CloT de 164 dB avec un débit de données d'au moins 160 bps. L'objectif de cette section est de montrer que le LTE-M peut assurer une couverture encore plus étendue et répondre à l'exigence encore plus difficile de la couverture 5G IoT, tout en offrant un débit de données minimum de 160 bps à la MCL 5G à 164 dB. Comme pour [1], pour déterminer la couverture que la spécification LTE-M peut prendre en charge, une analyse de simulation de niveau de liaison (LLS) de chaque canal LTE-M a été réalisée. Par souci de cohérence, les hypothèses de simulation pour les différents canaux sont aussi communes que possible, comme le montre le tableau 4.



Paramètres	PSS/SSS	PBCH	SIB1-BR	MPDCC H	PDSCH	PUSCH	PUCCH	PRACH
Puissance Tx max	46 dBm					23 dBm		
Bande passante du système	5 ou 10 MHz							
Configuration	Demi duplex FDD							
Fréquence porteuse	2GHz							
Configuration antenne	2 TX et 1 RX, basse corrélation					1 TX et 2 RX, 1 TX et 4RX, basse corrélation		
Mode de canal	ETU 1 Hz							
Nombre PRB	N/A	N/A	6	6	6	1	1	6
Format de canal physique	N/A	PBCH avec répétition	208 bits TBS toutes le 5ms	Format DCI 6-1A (18 bits)	Variante TBS	Variante TBS	PUCCH format 1A	PRACH format 2
Mode de transmission	N/A	TM2	TM2	Faisceau aléatoire - Formin	TM2	TM1	N/A	N/A
Erreur de suivi de fréquence	1KHz	30Hz	30Hz	30Hz	30Hz	30Hz	30Hz	30Hz
Estimation de canal	N/A	Croisé SF	Croisé SF	Croisé SF	Croisé SF	Croisé SF	Croisé SF	N/A
Saut de fréquence	Non	Non	Oui	Oui – 16 SF				
Cible de performance	Temps d'acquisition en fonction du SNR à une probabilité de fausse détection de 0,1%	Temps d'acquisition en fonction du SNR à une probabilité de fausse détection de 0,1%	Temps d'acquisition par rapport au SNR	SNR à 1% BLER	Vitesse de données à 10% BLER contre SNR	Vitesse de données à 10% BLER contre SNR	Probabilité de fausse détection à 1 % de probabilité de fausse détection	Probabilité de fausse détection à 1 % de probabilité de fausse détection

Tableau 4 : Hypothèses LLS

#### 4.1 Canal de données ascendant (PUSCH)

Cette section comprend les résultats LLS pour le canal partagé de liaison montante physique (PUSCH) qui transporte les données utilisateur UL. Le tableau 5 indique le débit de données 5G 164 dB MCL pour diverses configurations de système.

Système				Taux de données
Station de base antennes RX	Système BW	HARQ	Boost MDPCCH PSD	
2	10 MHz	Oui	Non	201 bps
4	10 MHz	Oui	Non	313 bps
4	5 MHz	Oui	Non	363 bps
4	10 MHz	Oui	+4 dB	363 bps

Tableau 5 : Débits de données PUSCH au MCL 5G 164 dB

Remarque : Le calcul du débit de données de la couche physique ci-dessus n'inclut pas les incidences de sur-débit d'en-tête pour le contrôle d'accès au support (MAC), le contrôle de liaison radio (RLC), le protocole de convergence des données Internet (IP), ni les retards de programmation du MPDCCH.



Notez également que le HARQ (Hybrid Automatique Répète demande) a été utilisé dans toutes les configurations car il a été constaté qu'il améliorerait le débit de données moyen. Dans tous les cas, la transmission initiale comportait 512 répétitions, puis un maximum de deux retransmissions HARQ de 512 répétitions ont été envoyées. Le taux d'erreur de bloc (BLER) résultant ou résiduel était dans tous les cas inférieurs à 10%. Le débit de données calculé comprend le temps moyen nécessaire pour programmer les retransmissions supplémentaires du HARQ. Le taux de données moyen est calculé en fonction du BLER atteint chaque cycle HARQ.

**Message clé :** A 363 bps, le LTE-M répond à l'exigence de couverture de débit de données 5G IoT UL de 160 bps au MCL 5G 164 dB.

Comme les exigences 5G IoT ne précisent pas de configuration système, on a simulé différentes largeurs de bande système (BW), configurations d'antenne de station de base et configurations de renforcement du DSP sur la liaison descendante. Comme on peut le voir dans le tableau 5, l'utilisation de quatre antennes de réception à la station de base améliore considérablement le débit de données UL. En outre, l'utilisation d'un amplificateur PSD de liaison descendante de +4 dB ou d'une largeur de bande de système de 5 MHz réduit le nombre de répétitions MDPCCH nécessaires de 256 à 128 répétitions, ce qui diminue le temps de planification HARQ et améliore légèrement le débit de données UL.

#### 4.2 Canal de données en liaison descendante (PDSCH)

Cette section comprend les résultats LLS pour le canal partagé de liaison descendante physique (PDSCH) qui transporte les données utilisateur DL. Le tableau 6 indique le débit de données DL au MCL 5G 164 dB pour diverses configurations de système.

Système				Taux de données
Antennes RX de station de base	Système BW	HARQ	Bost MDPCCH PSD	
2	10MHz	Non	Non	300 bps
4	10MHz	Oui	Non	372 bps
2	5 MHz	Non	Non	1000 bps
2	10 MHz	Non	+ 4 dB	1200 bps

Tableau 6 : Taux de données PDSCH au MCL 5G 164 dB

**Message clé :** A 1200 bps, le LTE-M répond facilement à l'exigence de couverture de débit de données 5G IoT DL de 160 bps au MCL 5G 164 dB.

Remarque : Le débit de données de la couche physique ci-dessus ne comprend pas le sur débit d'en-tête MAC/RLC/PDCP/IP, les retards d'accusé de réception ou les retards d'ordonnancement.

Notez que la configuration GARQ, la transmission PDSCH initiale a utilisé 1024 répétitions, puis une retransmission HARQ supplémentaire et le débit de données moyen est calculé en fonction du BLER atteint après chaque cycle HARQ.

### 4.3 Canal de contrôle

Cette section comprend les résultats LLS pour tous les canaux de contrôle 5G 164 dB MCL pour diverses configurations de système.

Canal	Système BW	Boost DL PSD	Performance
PSS/SSS	10 MHz	Non	Temps d'acquisition moyen 880 ms
	5 MHz	Non	Temps d'acquisition moyen 350 ms
	10 MHz	+ 4 dB	Temps d'acquisition moyen 220 ms
PBCH	10 MHz	Non	Temps d'acquisition moyen 250 ms
	5 MHz	Non	Temps d'acquisition moyen 150 ms
	10 MHz	+ 4 dB	Temps d'acquisition moyen 125 ms
SIB1-BR	10 MHz	Non	Temps d'acquisition moyen 650 ms
	5 MHz	Non	Temps d'acquisition moyen 200 ms
	10 MHz	+ 4 dB	Temps d'acquisition moyen 150 ms
MDPCCH	10 MHz	Non	256 répétitions permettent d'obtenir 10% de BLER
	5 MHz	Non	128 répétitions permettent d'obtenir 1% de BLER
	10 MHz	+ 4 dB	128 répétitions permettent d'obtenir <1 % de BLER
PRACH	10 MHz	Non	128 répétitions permettent d'obtenir une détection erronée de 3 %.
PUCCH	10 MHz	Non	128 répétitions permettent d'obtenir une détection erronée de <1 %.

Tableau 7 : Performance du canal de contrôle à la MCL 5G 164 dB

Notez que le niveau de 128 répétitions du canal de contrôle de la liaison montante physique (PUCCH) est une caractéristique de la version 14. Tous les autres niveaux de répétition sont pris en charge dans la version 13.

Étant donné que les exigences 5G IoT ne spécifient pas de configuration système, les performances des canaux de commande DL ont été analysées pour différents largeurs de bande de système et, en option, avec le boost PSD.

Pour les signaux de synchronisation primaire et secondaire (PSS/SSS), le canal de diffusion physique (PBCH) et le bloc d'information système 1 à largeur de bande réduite (SIB1-BR), la limite MCL n'est pas définie par le BLER mais par un temps d'acquisition acceptable. Étant donné que les applications IoT ont des exigences différentes en matière de temps d'acquisition, cette limite est subjective. Par conséquent, le temps d'acquisition moyen est indiqué dans le tableau 7. La méthode de détection PSS/SSS analysée est la même que dans [1] qui combine les séquences PSS et SSS pour la corrélation utilisée pour la resynchronisation. La méthode de détection PBCH analysée est également la même que celle utilisée dans [1], qui consiste à corréler les symboles reçus dont le débit correspond à celui des symboles PBCH éventuellement transmis, puis à tester les multiples hypothèses pour rechercher une correspondance.

**Message clé :** Les canaux de commande LTE-M peuvent fonctionner efficacement au niveau de couverture MCL 5G 164 dB.

Pour les autres canaux, un BLER ou une probabilité de détection manquée est spécifié.

Comme le montre le tableau 7, on obtient un BLER inférieur à 10% pour tous les canaux de contrôle peuvent fonctionner efficacement à 5G 164dB MCL. Comme on peut également le voir dans le tableau 7, le renforcement de la DSP sur la liaison descendante ou une largeur de bande de système de 5 MHz réduit considérablement le temps d'acquisition et le BLER pour les canaux DL.

Bien qu'elle n'ait pas été analysée, une configuration de système avec quatre antennes de réception de station de base améliorerait considérablement les performances des systèmes PRACH et PUCCH.

**Message clé :** Le LTE-M répond à l'exigence de couverture MCL 5G 164 dB.

#### 4.4 Sommaire des couvertures

Étant donné que l'objectif de débit de données de 160 bps est atteint par les canaux de données UL et DL, et que les canaux de commande LTE-M peuvent fonctionner efficacement au niveau de couverture 5G 164 dB MCL, on peut conclure que le LTE-M satisfait à l'exigence de couverture 5G 164 dB MCL.

## 5. Latence des messages

Pour les nombreuses applications de l'IoT où la transmission de petites données est courante, la latence du message est une mesure importante pour estimer la performance du service fourni. La présente section examine le temps de remise du message ou le temps de latence du message qui peut être obtenu par LTE-M aux pertes de couplage de 144 et 164 dBs, qui peuvent être considérées comme correspondant au bord de la couverture normale et de la couverture améliorée, respectivement. L'analyse est fondée sur les résultats LLS avec les hypothèses du tableau 4 (sauf indication contraire) et la séquence de messages décrite au § 5.1. Le temps de latence du message est calculé jusqu'à la livraison d'un message de 85 octets sur la liaison montante, inclusivement. Autrement dit, le calcul du temps de latence des messages ne comprend aucun des messages après la livraison du message de liaison montante de 85 octets. Le message de 85 octets comprend le message d'application et les en-têtes de transport et IP (par exemple, les en-têtes LTE UDP/IP). En outre, on suppose que 5 octets pour les en-têtes LTE ne sont pas inclus dans les 85 octets. La latence du message est calculée en utilisant le 90<sup>ème</sup> percentile pour chaque étape, ce qui est une approche prudente. La latence du message a été analysée pour le CloT 164 dB MCL et le 5G 164 dB MCL.

Il convient de noter que ni les exigences du CloT ni celles du 5G IoT ne prennent en compte le temps de démarrage du modem qui peut, selon l'implémentation, être de plusieurs centaines de millisecondes. De plus, aucun des deux ensembles d'exigences ne tient compte des délais de réponse du réseau aux messages de contrôle de protocole provenant de l'appareil. Ce délai dépend de nombreux facteurs, notamment de l'encombrement éventuel du réseau. Ce délai est souvent de l'ordre de 50 ms pour les réseaux déployés commercialement. Par conséquent, la latence pratique peut s'écarter des estimations de cette section en fonction de facteurs spécifiques à la mise en œuvre et à la charge.

### 5.1 Séquence des messages

Pour les évaluations de la latence, la séquence de messages de la figure 1 a été utilisée. Cela correspond au réveil de l'appareil du mode d'économie d'énergie (PSM) à l'aide de la procédure de reprise de la commande des ressources radio (RRC) pour reprendre une connexion RRC suspendue. La même séquence de messages a été utilisée pour les évaluations de la durée de vie de la batterie dans la section 6.

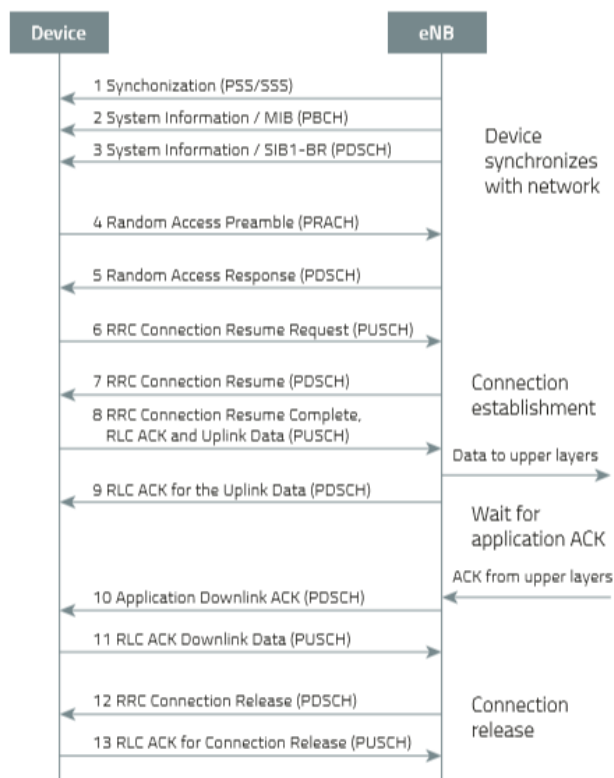


Figure 3 : Séquence de messages pour l'évaluation de la durée de vie des piles et de la latence

4- Envoi du préambule de l'accès aléatoire sur PRACH.

5- Réception d'une réponse d'accès aléatoire (7 octets), y compris l'octroi d'une subvention pour la prochaine transmission en liaison montante.

6- Envoi du message de demande de reprise de connexion RRC (MSG3 : 7 octets), y compris l'identité du dispositif.

7- Réception du message de reprise de connexion RRC (MSG4 : 20 octets), avec l'identité du dispositif de résolution de conflit.

8- Transmission du message de reprise de connexion RRC complet, avec l'accusé de réception de commande de liaison radio (RRC ACK) pour la transmission précédente (22 octets au total) et les données de la liaison montante (85 ou 200 octets) plus les en-têtes de la pile de protocoles radio LTE (5 octets).

9- Réception du RLC ACK pour la reprise complète de la connexion RRC (3 octets).

10- Réception de l'ACK de l'application de la liaison descendante (20 ou 65 octets).

11- Émission de RLC ACK pour l'application de la liaison descendante ACK (3 octets).

12- Réception de la libération de la connexion RRC (8 octets).

13- Transmission de l'ACK RLC pour la libération de la connexion RRC.

Les messages RRC sont supposés être envoyés sans champs optionnels ; si des informations de configuration supplémentaires sont ajoutées à un message spécifique, la taille du message sera proportionnellement plus grande. 5 octets d'en-têtes MAC, RLC et PDCP sont ajoutés aux messages RRC le cas échéant. Les données de liaison montante sont envoyées à l'étape 8, en même temps que le message de reprise de connexion RRC complète.

La figure 1 illustre la procédure de reprise de la CRR pour la transmission d'un rapport d'origine mobile (MO), y compris les étapes suivantes :

1- Synchronisation au PSS/SSS après le réveil du PSM pour réaliser une synchronisation de temps et de fréquence, et pour acquérir des informations sur la synchronisation des sous-cadres, l'identité physique des cellules et la longueur des préfixes cycliques.

2- Lecture du Master Information Block (MIB), ou PBCH, pour acquérir le numéro de trame du système et les informations d'ordonnement SIB1-BR.

3- Lecture du SIB1-BR pour acquérir le numéro de trame Hyper System et l'étiquette de valeur d'information système, ainsi que le statut d'interdiction d'accès (plus précisément le statut d'information d'ordonnement SIB14-BR).



En outre, l'évaluation prend en compte les frais généraux des remerciements du HARQ et du RLC. Le premier message utilisant le HARQ pour répéter la transmission de la liaison montante, si nécessaire, est MSG3 à l'étape 6. Le mode d'accusé de réception RLC (AM) est utilisé pour tous les messages à partir de MSG4 à l'étape 7. Dans notre analyse, nous supposons que le protocole RLC n'a pas besoin de demander des retransmissions et que les procédures de connexion et de libération RRC sont toujours réussies.

## 5.2 Latence du message au CloT 164 dB MCL

**Message clé :** Le LTE-M répond facilement aux exigences de la CloT en matière de latence des messages

La condition de latence des messages CloT de TR 45.820 [2] est de pouvoir envoyer un message de 85 octets dans les 10 secondes au niveau de couverture MCL de 164 dB CloT. Conformément aux exigences de CloT, l'évaluation a été réalisée en supposant une largeur de bande de 10 MHz et des eNBs mettant en œuvre deux antennes d'émission et deux antennes de réception à la station de base. Les résultats du LLS sont présentés dans le tableau 8.

CloT 164 dB MCL	CloT 144 dB MCL
6.2 sec	0.1 sec

Tableau 8 : 90<sup>ème</sup> percentile de latence des messages

Le tableau 8 montre que l'exigence de 10 secondes de latence du message CloT est facilement respectée par le LTE-M. Comme le montre également le tableau 8, la latence du message dépend fortement du niveau de couverture, de sorte que dans une couverture normale, la latence du message est beaucoup plus faible.

## 5.3 Latence du message à 5G 164 dB MCL

L'exigence de latence des messages 5G IoT de TR 38.913 [3] est de pouvoir envoyer un message de 85 octets en 10 secondes au niveau de couverture 5G 164dB MCL. Les résultats sont présentés dans le tableau 9.

Configuration de l'antenne de la station de base	5G 164 dB MCL		
	10 MHz Pas de boost DL PSD	10 MHz + 4 DL PSD Boost	5 MHz Pas de boost DL PSD
2RX, 2TX	14.3 sec	9.6 sec	9.8 sec
4RX, 2TX	11.4 sec	6.7 sec	6.9 sec

Tableau 9 : 90<sup>ème</sup> percentile de latence des messages à 164 dB MCL 5G

**Message clé :** Le LTE-M répond aux exigences de latence des messages 5G pour la plupart des configurations de système.

Étant donné que les exigences 5G IoT ne spécifient pas de configuration système, la latence des messages a été analysée pour différentes configurations d'antennes de stations de base, et avec et sans renforcement de la DSP sur la liaison descendante.

D'après les résultats du tableau 9, on peut conclure qu'un système à 5MHz ou un système à 10 MHz utilisant le renforcement de la DSP sur la liaison descendante répondra à l'exigence de latence des messages 5G. En outre, les résultats indiquent qu'avec quatre antennes de réception au lieu de deux à la station de base, la latence des messages s'améliore d'environ 20%, ce qui permet à un système à 10MHz sans renforcement de la DSP sur la liaison descendante de satisfaire pratiquement à l'exigence de latence des messages 5G.

## 6. Autonomie de la batterie



Dans les déploiements IoT à grande échelle, il est important de pouvoir fournir des services à tous les types de cas d'utilisation, y compris ceux qui n'ont pas accès à une alimentation électrique. Cette section examine la durée de vie de la pile qui peut être obtenue pour un appareil LTE-M alimenté par une pile AA de 5 Wh lorsqu'il est utilisé pour la transmission quotidienne de messages de 200 octets sur la liaison montante, couplés à des accusés de réception de 20 ou 65 octets sur la liaison descendante. L'évaluation est basée sur le diagramme de séquence des messages de la section 5.1, sur les hypothèses LLS du tableau 4 (sauf indication contraire) et sur la consommation d'énergie dans les différents modes indiqués dans le tableau 10. Les valeurs de consommation d'énergie du tableau 10 sont conformes aux hypothèses utilisées dans l'étude CloT, sauf pour la puissance d'émission UL. L'étude CloT a supposé 500 mW mais cette étude a supposé 575 mW, ce qui se traduit par une différence d'efficacité de l'amplificateur de puissance (PA) d'environ 20% en raison du rapport de puissance de crête/puissance moyenne (PAPR) plus élevé pour les transmissions LTE-M en bloc de ressources physiques (PRB) unique.

Mode opératoire	La consommation d'énergie
Puissance UL TX	575 mW
Puissance DL RX	80 mW
Puissance du sommeil C-DRX / I-DRX	3 mW
Puissance du sommeil profond	0.015 mW

Tableau 10 : Consommation électrique de l'appareil LTE-M selon les différents modes de fonctionnement

Il convient de noter qu'une batterie de 5 Wh sans autodécharge a été utilisée pour cette évaluation. Ni les exigences de la CloT ni celles de la 5G IoT ne tiennent compte de l'autodécharge se produit à un certain niveau avec toutes les technologies de batterie et se situe généralement entre un et quatre pour cent par an. De plus, comme mentionné dans la section sur la latence des messages, ni les exigences du CloT ni celles du 5G IoT ne prennent compte le temps de démarrage du modem, qui peut être de plusieurs centaines de millisecondes. Une part importante de la consommation électrique de l'appareil est associée à la puissance nécessaire pour transmettre les paquets de données, de sorte que l'hypothèse d'efficacité du PA influe grandement sur la durée de vie de la batterie qui en résulte. Des efficacités de 50% ont été prises en compte de l'étude CloT et de 40% dans la présente analyse, mais la réalité est que les modems commerciaux sont susceptibles d'utiliser des PA avec des efficacités plus faibles pour supporter des bandes plus larges, et sont susceptibles d'avoir des pertes associées aux filtres, commutateurs et cartes de circuits imprimés en amont, qui ne sont pas pris en considération. Par conséquent, la durée de vie pratique des piles peut s'écarter des estimations de cette section en fonction de facteurs spécifiques à la mise en œuvre.

### 6.1 Autonomie de la batterie CloT 164dB MCL

**Message clé :** Le LTE-M répond aux exigences de la CloT en matière de durée de vie des piles.

Cette section évalue l'exigence de durée de vie de la batterie dCloT de TR 45.820 [2]. Les années d'utilisation du LTE-M, pour la transmission quotidienne des messages UL de 200 octets et des messages de 65 octets DL, sont indiquées dans le tableau 11. Ces valeurs d'autonomie de la batterie ont été calculées en supposant une largeur de bande du système de 10 MHz et des eNB mettant en œuvre deux antennes d'émission et deux antennes de réception.

CloT 164 dB MCL	CloT 144 dB MCL
10.4 ans	35.7 ans

Tableau 11 : Vie de la batterie sur CloT MCL

Le tableau 11 montre que l'exigence de 10 ans de durée de vie de la batterie du CloT est respectée par LTE-M pour la notification quotidienne des rapports de 200 octets sur la liaison montante, même aux extrêmes de la couverture. La durée de vie de la batterie a également été évaluée à CloT 144 dB MCL, qui est à la limite extrême de la couverture normale, pour montrer que la durée de vie de la batterie s'améliore de manière significative là où les appareils normaux (sans couverture améliorée) fonctionnent. Comme le montre le tableau 11, 10.4 ans contre 35.7 ans de durée de vie de la batterie est une grande différence pour les deux cas de couverture, ce qui montre que la durée de vie de la batterie dépend fortement de la couverture. A mesure que les réseaux LTE continuent d'être déployés et densifiés, la couverture du réseau devrait s'améliorer, ce qui améliorera considérablement la durée de vie des piles.

## 6.2 Autonomie du 5G 164 dB MCL

**Message clé :** Le LTE-M répond aux exigences de durée de vie des piles de 5G.

Cette section évalue l'exigence de durée de vie de la pile 5G IoT de la TR 38.913 [3]. Les années d'utilisation pour la transmission quotidienne de messages UL de 200 octets et de messages DL de 20 octets au MCL de 5G 164 dB sont indiqués dans le tableau 12.

Configuration de l'antenne de la station de base	5G 164 dB MCL		
	10 MHz Pas de boost DL PSD	10 MHz + 4 DL PSD Boost	5 MHz Pas de boost DL PSD
2RX, 2TX	6.9 ans	7.5 ans	7.5 ans
4RX, 2TX	9.6 ans	10.9 ans	10.8 ans

Tableau 12 : Vie de la batterie à la 5G 164 dB MCL

**Message clé :** L'autonomie de la batterie LTE-M s'améliore lorsque les eNB mettent en œuvre quatre antennes de réception.

Le tableau 12 permet de conclure qu'une autonomie de 10 ans est possible pour la LTE-M lorsque la station de base met en œuvre quatre antennes de réception et soit une largeur de bande système de 5 MHz (sans nécessité de renforcer la DSP de la liaison descendante), soit une largeur de bande système de 10 MHz avec renforcement de la DSP de la liaison descendante. Une taille de message en liaison montante de 100 au lieu de 200 octets

permet une configuration de station de base à deux antennes de réception du tableau 12.

## 7. Capacité

### 7.1 Hypothèses d'évaluation

La capacité du système est un indicateur de performance important pour le LTE-M, puisque le LTE-M s'efforce de fournir une connectivité pour le scénario d'utilisation du mMTC couvre une grande variété de services et d'applications, comme décrit dans [5]. L'ITU-R spécifie également une exigence concrète pour les systèmes IMT-2020 en termes de densité de connexion requise de 1 000 000 de dispositifs par kilomètre carré. L'ensemble complet des exigences IMT-2020, y compris la densité de connexion, est décrit dans [6], tandis que la méthodologie d'évaluation des exigences IMT-2020 figure [4].

En bref, un système IMT-2020 devrait être capable de gérer 1 000 000 d'appareils par km<sup>2</sup> qui effectuent un accès mobile toutes les deux heures, en suivant un processus d'arrivée de Poisson, où chaque appareil doit délivrer une unité de données par paquets (PDU) de 32 octets de couche dans les 10 secondes. Les tableaux 13 et 14 résument les principales exigences et configurations de l'IMT-2020 qui définissent les indicateurs clés de performance en matière de densité de connexion. La configuration B étant la plus difficile, car elle doit prendre en charge un plus grand nombre de dispositifs par cellule, elle fait l'objet du présent document.



Exigence	Valeur
Densité de connexion	> 1 000 000 de dispositifs / km <sup>2</sup>
Degré de service	> 99%
Qualité de service	< 10 secondes de service latence

Tableau 13 : Exigence de densité de connexion IMT-2020

Paramètres	Valeur	
	Configuration A	Configuration B
Modèle de trafic	Message de 32 octets provenant d'un téléphone portable toutes les 2 heures	
Fréquence	700 MHz	
Distance entre-site	500 mètres	1732 mètres
Modèle de canal	Macro urbain A, macro urbain B	
Déploiement des dispositifs	80% intérieur, 20% extérieur	
Rapport entre les types de bâtiments pour les utilisateurs intérieurs	20% de haute perte, 80% faible perte	
Mobilité	3km/h	
Puissance de sortie des stations de base	46 dBm	
Configuration de l'antenne de la station de base	Jusqu'à à 64 TR/RX	
Gain d'antenne de station de base par élément d'antenne	8 dBi	
Chiffre du bruit des stations de base	5 dB	
Puissance de sortie de l'appareil	23 dBm	
Configuration de l'antenne du dispositif	Jusqu'à 2 TX/RX	
Gain de l'antenne du dispositif	0 dBi	
Chiffre du bruit des appareils	7 dB	
Bande passante	< 10 MHz	< 50 MHz

Tableau 14 : Exigence de densité de connexion IMT-2020

## 5.1 Évaluation des résultats

Pour montrer que l'exigence de densité de connexion IM-2020 est respectée, un simulateur dynamique de niveau de système LTE-M a été configuré selon les paramètres résumés dans le tableau 14. Dans la simulation, une seule bande étroite LTE-M composée de six PRB a été configurée dans 21 cellules définissant le système étudié. Cette bande étroite ne comportait aucun sur-débit de transmission PSS/SSS ou MIB/SIB. La largeur de bande totale de la simulation est égale à 1.08 MHz. Les stations de base ont été configurées avec deux antennes d'émission/réception à polarisation croisée, chacune avec 8 éléments, ce qui donne un gain d'antenne de 17 dBi, alors que les dispositifs ont été configurés avec une seule antenne d'émission/réception.

La figure 2 présente la latence du service pris en charge définie à partir du moment où les couches supérieures d'un appareil déclenchent une tentative d'accès à partir d'un mobile jusqu'au moment où le récepteur de la station de base confirme la bonne réception du paquet. Plus précisément, la figure 2 illustre la latence obtenue au 99<sup>ème</sup> percentile de la fonction de distribution cumulative de la latence enregistrée pour toutes les livraisons de paquets simulées pendant la durée de vie de la simulation. Le 99<sup>ème</sup> percentile présente un intérêt particulier car il correspond à l'exigence de qualité de service.

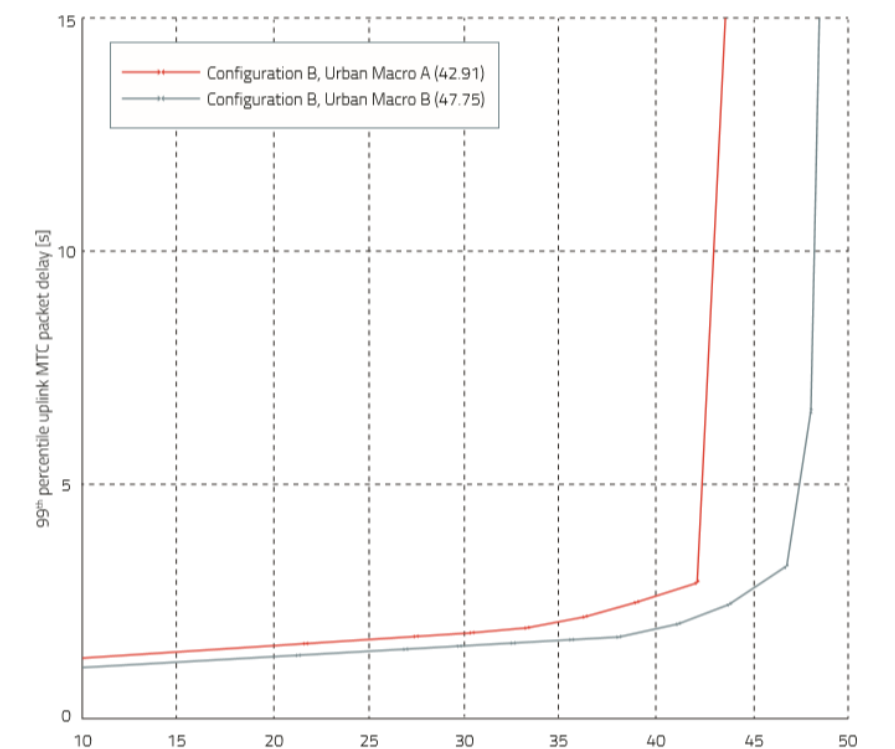


Figure 2 : Latence de service mesurée au 99<sup>ème</sup> percentile

Les résultats de la simulation au niveau du système (SLS) de la figure 2 montrent que le modèle de canal le plus difficile est le canal Urban Macro-A, le LTE-M peut prendre en charge 43 accès par seconde par bande étroite par cellule, ce qui équivaut à environ 357 000 dispositifs pris en charge par bande étroite de 1.08 MHz par km<sup>2</sup>.

**Message clé :** Pour la configuration IMT-2020 la plus défavorable, le LTE-M peut prendre en charge 357 000 dispositifs par bande étroite de 1,08 MHz par km<sup>2</sup>.



Avec 357 000 appareils pris en charge par bande étroite, le LTE-M peut ainsi prendre en charge plus de 1 000 000 d'appareils utilisant quatre bandes étroites. Pour une largeur de bande 5 MHz (voir figure 3), seulement 70% de la capacité est utilisée pour répondre aux besoins. L'utilisation du PRB de la liaison descendante n'est que d'environ 25% lorsque le système fonctionne à sa limite de capacité (43 accès/seconde/bande étroite/cellule), on peut donc supposer que cette capacité de liaison descendante de réserve peut prendre en charge le sur-débit du PSS, du SSS et du PBCH, qui est inférieur à 5%. Par rapport à la limite de largeur de bande de 50 MHz stipulée par les directives d'évaluation IMT-2020 [4], 5 MHz satisfont largement à l'exigence de capacité.

**Message clé :** 70% d'un système LTE-M à 5 MHz répond à l'exigence IMT-2020 de 1 million d'appareils par km<sup>2</sup> en 50 MHz.

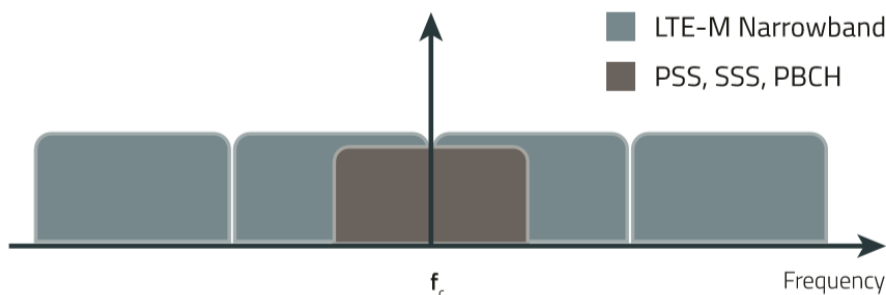


Figure 3 : Disposition des bandes étroites LTE-M pour une porteuse de 5 MHz

Pour garantir que les systèmes soient évalués à une charge raisonnable sur la liaison montante, l'IMT-2020 exige également que le brouillage sur la liaison montante soit maintenu en dessous de 10 dB. Dans ce cas, cela signifie que le bruit et le brouillage moyens que la station de base subit sur la liaison montante doit être inférieurs à -106.4 dBm/PRB. Pour le canal Macro-A urbain, le retard des paquets du 99<sup>ème</sup> percentile atteint 10 secondes à environ 43 utilisateurs/seconde/bande étroite/cellule, et à ce stade, l'interférence sur la liaison montante est d'environ -111 dBm/PRB et est donc bien inférieure à -106.4 dBm/PRB.

## 8. Améliorations du LTE-M dans les versions 14 et 15

**Message clé :** Plusieurs améliorations du LTE-M sont prévues dans les versions 14 et 15 qui permettront d'améliorer la durée de vie de la batterie, la latence des messages et les résultats de capacité présentés dans ce document.

Comme le montrent les résultats ci-dessus, le LTE-M répond aux exigences en matière d'autonomie de la batterie 5G et de latence des messages. Dans les versions 14 et 15 du 3GPP, d'autres améliorations sont en cours de développement pour augmenter la durée de vie de la batterie, la latence des messages et d'autres aspects des performances, ce qui permettra de répondre aux exigences avec davantage de configurations de système.

La version 14 [8] introduit les informations d'assistance à libération (RAI) qui permettent à l'appareil de demander sa libération de l'état connecté après avoir terminé toutes ses communications. Cela permet de réduire le temps que l'appareil passe dans l'état connecté et donc de réduire la consommation d'énergie. En plus de cette amélioration de la durée de vie de la batterie, les caractéristiques de la version 14 comprennent également un débit de données accru, un nouveau dispositif de catégorie M2 à 5MHz, une prise en charge de la multidiffusion, des améliorations du positionnement, des optimisations de la voix et une meilleure prise en charge de la mobilité. Pour une description complète des fonctionnalités du LTE-M introduites dans la version 14, voir dans le résumé des travaux dans [9].

Les améliorations de la version 15 LTE-M sont en cours et devraient être achevées d'ici juin 2018 [10]. Les principaux objectifs de cette version comprennent l'amélioration de la latence, de l'efficacité spectrale et de la consommation d'énergie. Pour améliorer la latence, les améliorations potentielles comprennent la réduction du temps d'acquisition du système (par exemple en améliorant la recherche des cellules ou les performances d'acquisition des informations du système) et le soutien de la transmission précoce des données (c'est-à-dire la transmission des données déjà pendant la procédure d'accès aléatoire). L'efficacité spectrale, et donc la capacité du système, est améliorée sur la liaison descendante par l'introduction d'une modulation d'ordre supérieur (MAQ 64) et sur la liaison montante par l'introduction d'une allocation de ressources à granularité plus fine (sous-PRB). Pour réduire la consommation d'énergie les améliorations potentielles comprennent l'introduction de la transmission de données précoce et de l'allocation de ressources sous-PRB déjà mentionnées, ainsi que des signaux de réveil, de nouveaux signaux de synchronisation, une meilleure rétraction HARQ et des mesures assouplies pour la pré-sélection des cellules.

## 9. Résumé

La performance du LTE-M de catégorie M1 est évaluée par rapport aux exigences CloT et 5G en matière de latence des messages, d'autonomie de la batterie et de capacité. Le tableau 15 résume les résultats.

**Message clé :** Le LTE-M catégorie M1 répond à toutes les exigences du 3GPP et de l'UIT en matière de CloT et de 5G IoT.

Comme le montre le tableau 15, le LTE-M répond à toutes les exigences CloT et 5G IoT. La durée de vie de la batterie 5G et les exigences de latence des messages sont satisfaites pour certaine configuration de système, et des améliorations du LTE-M sont actuellement développées dans la version 15 du 3GPP pour améliorer encore la durée de vie de la

batterie, la latence des messages et la capacité. Les premières indications suggèrent que les exigences de la 5G seront prises en charge pour toutes les configurations de système avec ces nouvelles améliorations de la version 15.

	Exigences	Performance LTE-M
<b>Exigence CloT</b>		
Message de latence	< 10 secondes	< 6.2 secondes
Durée de la batterie	> 10 ans	10.4 ans
<b>Exigences 5G</b>		
Capacité d'1 million d'appareils par km <sup>2</sup>	< 50 MHz	70% de 5% du système
Couverture	> 160 bps	UL 363 bps & DL 1200 bps
Latence de message	< 10 secondes	6.7 secondes
Durée de vie de la batterie	> 10 ans	10.9 ans

Tableau 15 : Résumé des performances LTE-M

## 10. Références

- [1] "Coverage Analysis of LTE-M Category-M1" V1.0 Jan 2017, <https://sierrawireless.com/-/media/iot/pdf/LTE-M-White-Paper>
- [2] 3GPP TR 45.820 V13.1.0, "Cellular system support for ultra-low complexity and low throughput Internet of Things (CloT)"
- [3] 3GPP TR 38.913 V14.3.0, "Study on scenarios and requirements for next generation access technologies"
- [4] ITU-R M.2412-0, "Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-2020", <https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2412-2017>
- [5] ITU-R M.2083, "IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond", <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083>
- [6] ITU-R M.2410-0, "Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)", <https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2410-2017>
- [7] 3GPP RP-150492, Rel 13 Work Item Description "Further LTE Physical Layer Enhancements for MTC"
- [8] 3GPP RP-170532, Rel 14 Work Item Description "Further Enhanced MTC for LTE"
- [9] 3GPP RP-171441, Rel 14 Work Item Summary "Summary for WI Further Enhanced MTC for LTE"
- [10] 3GPP RP-172811, Rel 15 Work Item Description "Even Further Enhanced MTC for LTE"

Version	Mise à jour
V1.0	Sortie initiale
V1.1	Correction de l'antenne de la station de base et des colonnes HARQ du tableau 6
V1.1	Ajout d'entreprises de soutien supplémentaires
V1.1	Mise à jour des références 4, 5 et 6 de l'ITU et de la référence 10 du 3GPP
V1.1	Ajout de précisions aux sections 5 et 5.1 concernant la taille du message de 85 octets