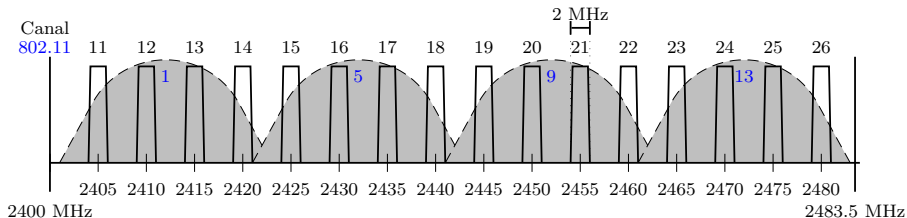
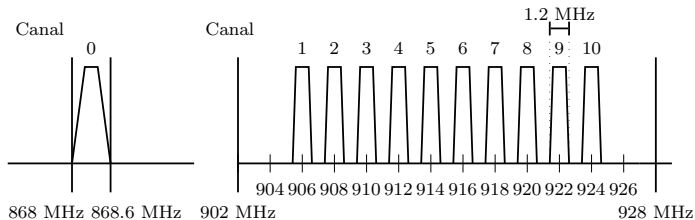


- 1 Vue d'ensemble
 - Les fréquences
 - Les modulations
- 2 Mode non synchronisé (non-beacon-enabled)
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 3 Mode synchronisé (beacon-enabled)
 - Structure de la supertrame
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 4 Les espaces de temps garantis
 - Allocation des GTS
 - Suppression d'une réservation de GTS
- 5 Analyse de la supertrame
 - Durée de la supertrame
 - Comparaison des méthodes d'accès
- 6 Annexe

- 1 Vue d'ensemble
 - Les fréquences
 - Les modulations
- 2 Mode non synchronisé (non-beacon-enabled)
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 3 Mode synchronisé (beacon-enabled)
 - Structure de la supertrame
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 4 Les espaces de temps garantis
 - Allocation des GTS
 - Suppression d'une réservation de GTS
- 5 Analyse de la supertrame
 - Durée de la supertrame
 - Comparaison des méthodes d'accès
- 6 Annexe

Les bandes de fréquences

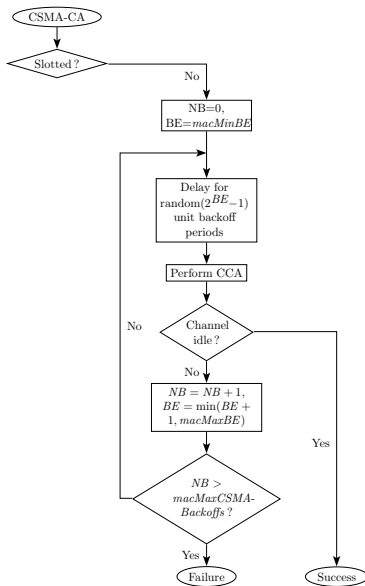


Les modulations/débits

Bande de fréquences	Modulation	Débit
868–868,6 MHz	BPSK	20 kb/s, soit 20 ksymb/s
	BPSK+ASK	250 kb/s, soit 12,5 ksymb/s
	O-QPSK	250 kb/s, soit 25 ksymb/s
902–918 MHz	BPSK	40 kb/s, soit 40 ksymb/s
	BPSK+ASK	250 kb/s, soit 50 ksymb/s
	O-QPSK	250 kb/s, soit 62,5 ksymb/s
2400–2483,5 MHz	O-QPSK	250 kb/s, soit 62,5 ksymb/s

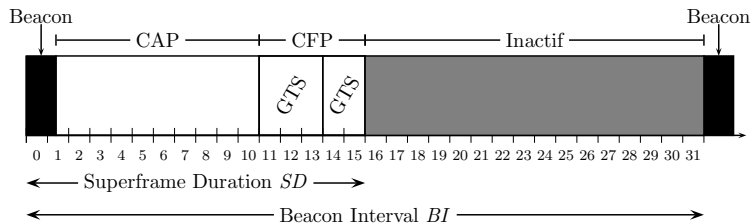
- 1 Vue d'ensemble
 - Les fréquences
 - Les modulations
- 2 Mode non synchronisé (non-beacon-enabled)
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 3 Mode synchronisé (beacon-enabled)
 - Structure de la supertrame
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 4 Les espaces de temps garantis
 - Allocation des GTS
 - Suppression d'une réservation de GTS
- 5 Analyse de la supertrame
 - Durée de la supertrame
 - Comparaison des méthodes d'accès
- 6 Annexe

Méthode d'accès CSMA/CA



- 1 Vue d'ensemble
 - Les fréquences
 - Les modulations
- 2 Mode non synchronisé (non-beacon-enabled)
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 3 Mode synchronisé (beacon-enabled)
 - Structure de la supertrame
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 4 Les espaces de temps garantis
 - Allocation des GTS
 - Suppression d'une réservation de GTS
- 5 Analyse de la supertrame
 - Durée de la supertrame
 - Comparaison des méthodes d'accès
- 6 Annexe

Structure de la superframe



$$SD = aBaseSuperframeDuration \cdot 2^{SO} \quad (1)$$

$$BI = aBaseSuperframeDuration \cdot 2^{BO} \quad (2)$$

$$0 \leq SO \leq BO \leq 14 \quad (3)$$

$$\text{Superframe Order} \leq \text{Beacon Order}$$

$$aBaseSuperframeDuration = aBaseSlotDuration \cdot aNumSuperframeSlots \quad (4)$$

$$aNumSuperframeSlots = 16 \quad (5)$$

$$aBaseSlotDuration = 60 \text{ symboles} \quad (6)$$

$$aMinCAPLength = 440 \text{ symboles} \quad (7)$$

Méthode d'accès CSMA/CA

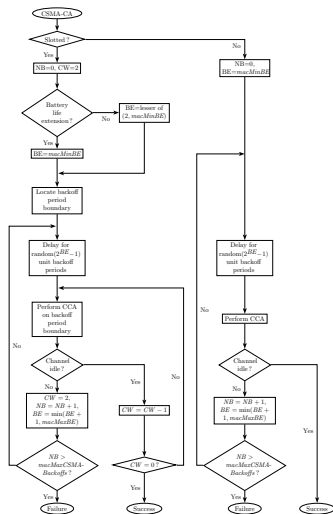
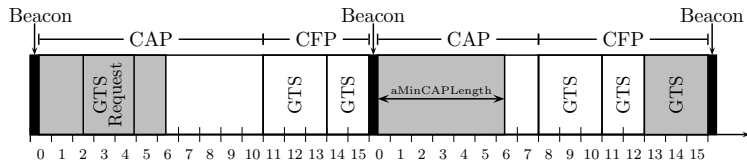


FIG.: Algorithme de Backoff pour CSMA/CA

- 1 Vue d'ensemble
 - Les fréquences
 - Les modulations
- 2 Mode non synchronisé (non-beacon-enabled)
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 3 Mode synchronisé (beacon-enabled)
 - Structure de la supertrame
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 4 Les espaces de temps garantis
 - Allocation des GTS
 - Suppression d'une réservation de GTS
- 5 Analyse de la supertrame
 - Durée de la supertrame
 - Comparaison des méthodes d'accès
- 6 Annexe

Allocation des GTS¹ (1/3)

Une station demande avec une trame *GTS.Request* une réservation de *trois* GTS au coordinateur PAN.

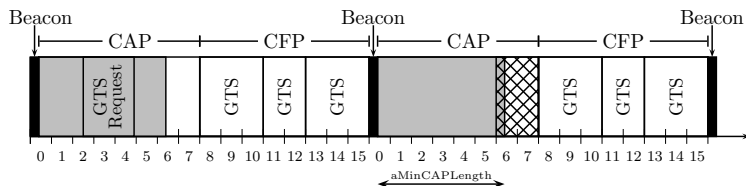


- La réservation est effective après réduction de la CAP.

¹Guaranteed Time Slot

Allocation des GTS (2/3)

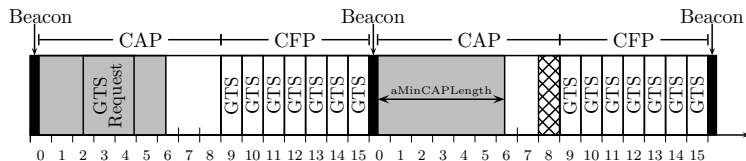
Une autre station demande par la suite une allocation de *deux* GTS.



- La réservation est impossible car la CAP serait inférieure à la valeur minimale.

Allocation des GTS (3/3)

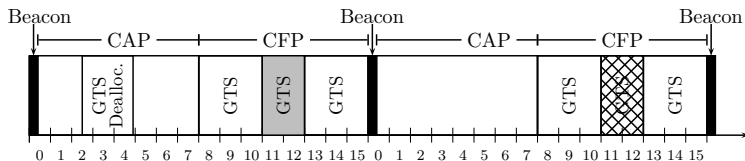
Sept réservations de temps ont été effectuées auprès du coordinateur PAN et une nouvelle demande lui est soumise.



- Bien que la limite de la période CAP ne soit pas atteinte, la réservation est impossible car le nombre maximum de **7** réservations est atteint.

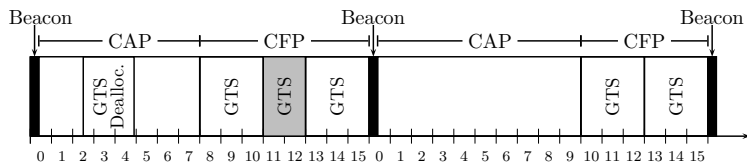
Suppression d'une réservation de temps

Pour permettre une gestion plus fine, il faut que la station informe le coordinateur PAN de la suppression de la réservation avec une trame *GTS.Deallocation*.



Suppression d'une réservation de temps

Pour permettre une gestion plus fine, il faut que la station informe le coordinateur PAN de la suppression de la réservation avec une trame *GTS.Deallocation*.



- La suppression d'une réservation entraîne le redimensionnement de la CAP.

Note Les commandes GTS sont optionnelles pour les stations RFD (Reduced-Function Device)

- 1 Vue d'ensemble
 - Les fréquences
 - Les modulations
- 2 Mode non synchronisé (non-beacon-enabled)
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 3 Mode synchronisé (beacon-enabled)
 - Structure de la supertrame
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 4 Les espaces de temps garantis
 - Allocation des GTS
 - Suppression d'une réservation de GTS
- 5 **Analyse de la supertrame**
 - Durée de la supertrame
 - Comparaison des méthodes d'accès
- 6 Annexe

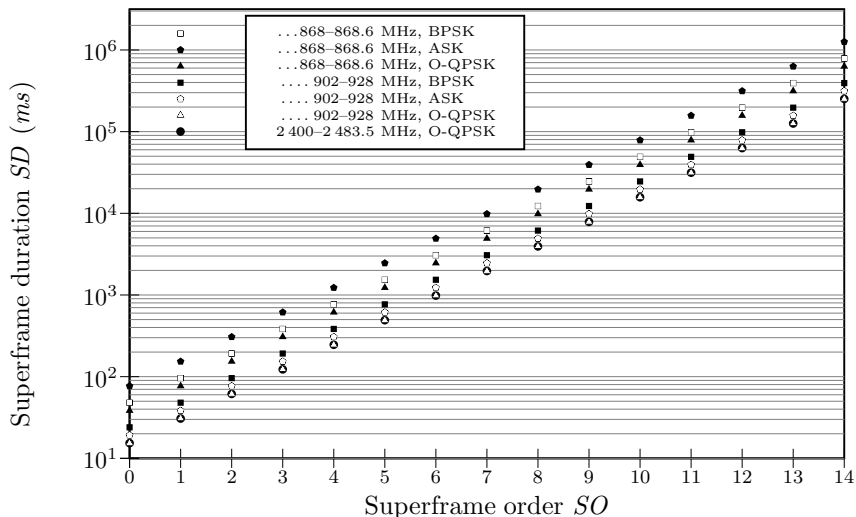
Durée de la supertrame SD $(1/2)$

$$SD = aBaseSuperframeDuration \cdot 2^{SO}$$

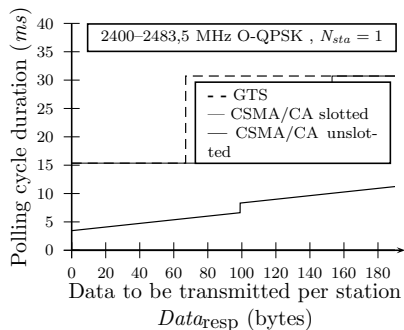
SO	SD (symboles)	2400 MHz	902Mhz	868 MHz
0	960	15.36ms	24ms	48ms
1	1 920	30.72ms	48ms	96ms
2	3 840	61.44ms	96ms	192ms
3	7 680	122.88ms	192ms	384ms
4	15 360	245.76ms	384ms	768ms
5	30 720	491.52ms	768ms	1.536s
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
12	$3.93 \cdot 10^6$	62.9s	98.3s	196.6s
13	$7.86 \cdot 10^6$	125.8s	196.6s	393.2s
14	$15.7 \cdot 10^6$	251.6s	393.2s	786.4s

Durée de la supertrame SD (2/2)

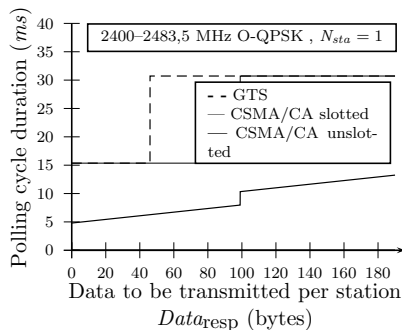
$$SD = aBaseSuperframeDuration \cdot 2^{SO}$$



Comparaison des méthodes d'accès - 1 station pollée



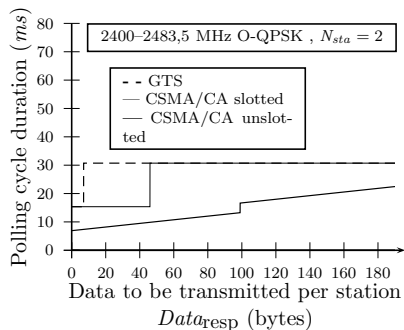
(a) sans acquittement



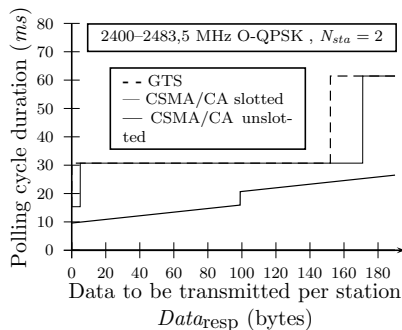
(b) avec acquittement

FIG.: 1 station

Comparaison des méthodes d'accès - 2 stations pollées



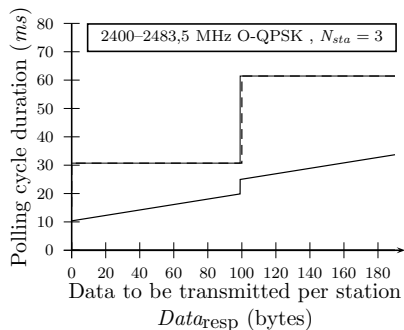
(a) sans acquittement



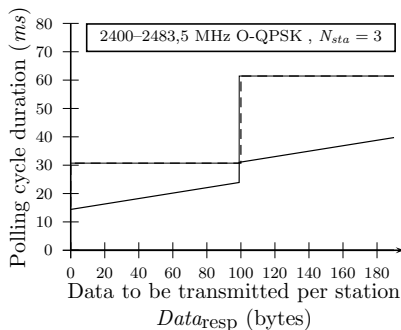
(b) avec acquittement

FIG.: 2 stations

Comparaison des méthodes d'accès - 3 station pollées



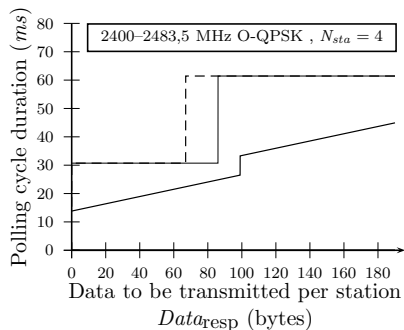
(a) sans acquittement



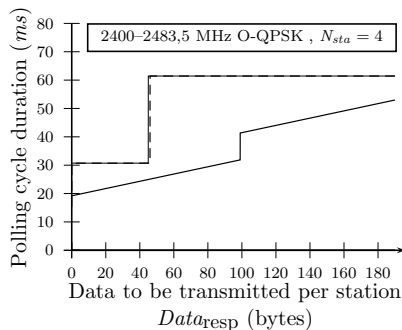
(b) avec acquittement

FIG.: 3 stations

Comparaison des méthodes d'accès - 4 stations pollées



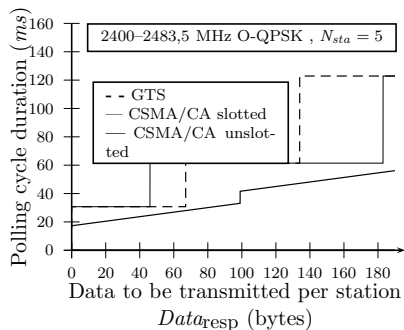
(a) sans acquittement



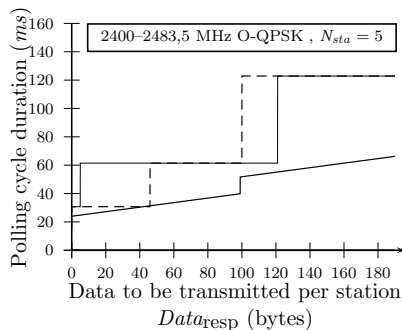
(b) avec acquittement

FIG.: 4 stations

Comparaison des méthodes d'accès - 5 stations pollées



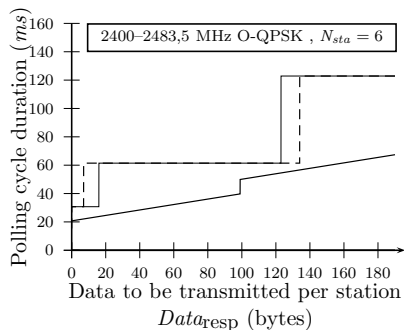
(a) sans acquittement



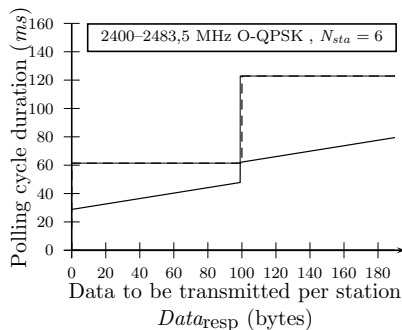
(b) avec acquittement

FIG.: 5 stations

Comparaison des méthodes d'accès - 6 stations pollées



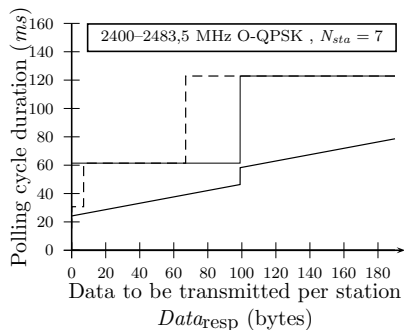
(a) sans acquittement



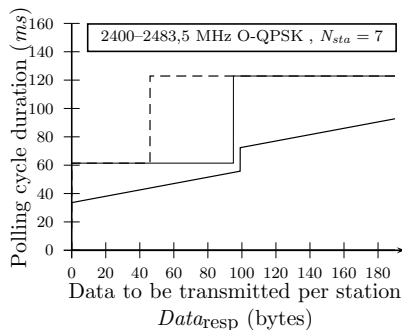
(b) avec acquittement

FIG.: 6 stations

Comparaison des méthodes d'accès - 7 stations pollées



(a) sans acquittement



(b) avec acquittement

FIG.: 7 stations

Vide

- 1 Vue d'ensemble
 - Les fréquences
 - Les modulations
- 2 Mode non synchronisé (non-beacon-enabled)
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 3 Mode synchronisé (beacon-enabled)
 - Structure de la supertrame
 - Méthode d'accès CSMA/CA
- 4 Les espaces de temps garantis
 - Allocation des GTS
 - Suppression d'une réservation de GTS
- 5 Analyse de la supertrame
 - Durée de la supertrame
 - Comparaison des méthodes d'accès
- 6 Annexe

Format d'une trame niveau PHY

Préambule	SFD	Long. Trame	PSDU
4 octets	1 octet	7 bits (+1)	$\leq aMaxPHYPacketSize$

La valeur de $aMaxPHYPacketSize$ est fixée à 127 octets par la norme.

$$PSDU \leq 127 \text{ octets} \quad (8)$$

$$PPDU = PSDU + 6 \text{ octets} \leq 133 \text{ octets} \quad (9)$$

PPDU PHY Protocol Data Unit

PSDU PHY Service Data Unit

SFD Start-of-Frame Delimiter

Format d'une trame niveau MAC ^(1/2)

Le format général d'une trame MAC se compose ainsi :

- MHR
 - ▶ Frame Control (2 *octets*)
 - ▶ Sequence number (1 *octet*)
 - ▶ Addressing fields
 - ★ Destination PAN identifier (0/2 *octets*)
 - ★ Destination address (0/2/8 *octets*)
 - ★ Source PAN identifier (0/2 *octets*)
 - ★ Source address (0/2/8 *octets*)
 - ★ Auxiliary security header (0/5/6/10/14 *octets*)
- MAC payload
 - ▶ Frame payload (\approx *MSDU*)
- MFR
 - ▶ FCS (2 *octets*)

MAC Header (MHR)	MAC payload	MAC Footer (MFR)
3–37 <i>octets</i>	variable	2 <i>octets</i>

Format d'une trame *Data* niveau MAC

- MHR
 - ▶ Frame Control (**2 octets**)
 - ▶ Sequence number (**1 octet**)
 - ▶ Addressing fields (**18/22/24/28/34 octets**)
 - ★ Destination PAN identifier (0/2 octets)
 - ★ Destination address (0/2/8 octets)
 - ★ Source PAN identifier (0/2 octets)
 - ★ Source address (0/2/8 octets)
 - ★ Auxiliary security header (0/5/6/10/14 octets)
- MAC payload
 - ▶ Data payload (*MSDU*)
- MFR
 - ▶ FCS (**2 octets**)

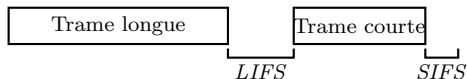
Dans le cas général :

$$PSDU = 2 + 1 + 34 + MSDU + 2 = MSDU + 39 \text{ octets} \quad (10)$$

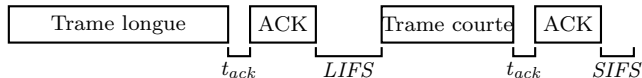
Dans le cas *CFP* (utilisation d'une seule adresse courte) :

$$PSDU = 2 + 1 + \underline{18} + MSDU + 2 = MSDU + 23 \text{ octets} \quad (11)$$

Les espaces intertrames



(a) sans acquittement



(b) avec acquittement

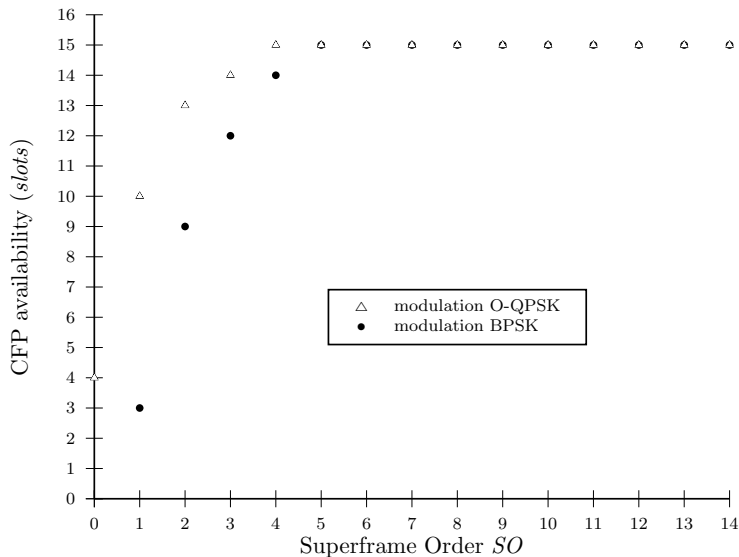
$$IFS = \begin{cases} SIFS (\geq 12 \text{ symboles}) & \text{si } MPDU \leq 18 \text{ octets} \\ LIFS (\geq 40 \text{ symboles}) & \text{si } MPDU > 18 \text{ octets} \end{cases} \quad (12)$$

$$12 \text{ symboles} \leq t_{ack} \leq 32 \text{ symboles} \quad (13)$$

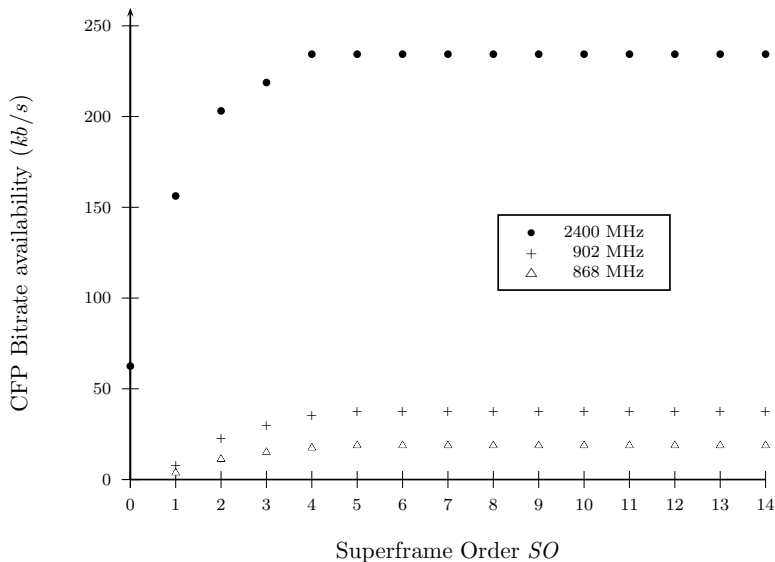
Durée de la période sans contention *CFP*

SO	2400 MHz (symboles)	902Mhz	868 MHz
0	3.84ms (240)	-	-
1	19.2ms (1200)	9ms (360)	18ms (360)
2	49.92ms (3120)	54ms (2160)	108ms (2160)
3	107.5ms (6720)	144ms (5760)	288ms (5760)
4	230.4ms (14400)	336ms (13440)	672ms (13440)
5	460.8ms (28800)	720ms (28800)	1440ms(28800)
⋮	⋮	⋮	⋮
12	59s	92s	184s
13	118s	184s	368s
14	236s	368s	737s

Disponibilité pour la période sans contention *CFP*



Débit maximum pour la période sans contention *CFP*

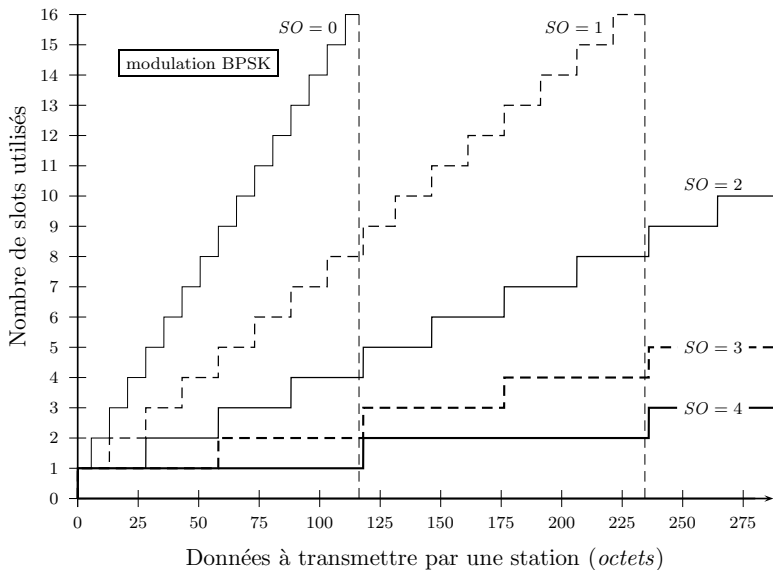


Durée de l'intervalle entre beacons BI (2 400 MHz)

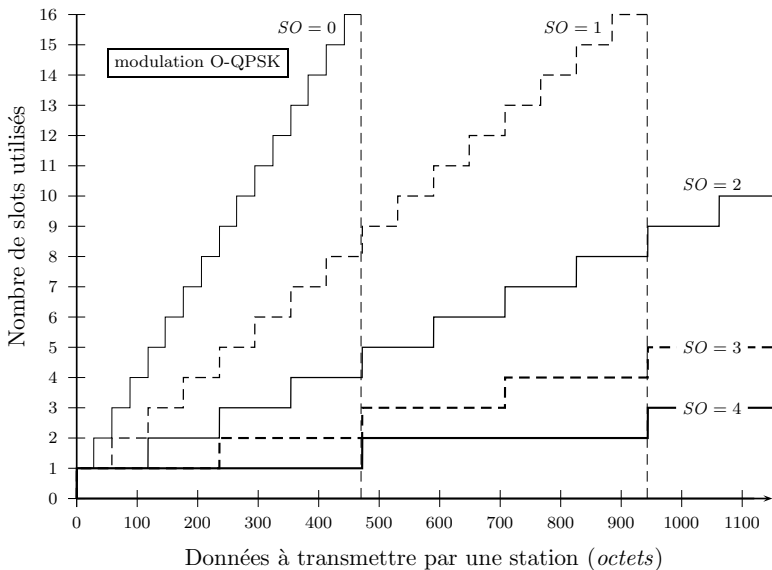
Durée de l'intervalle entre beacons BI (902 MHz)

Durée de l'intervalle entre beacons BI (868 MHz)

Occupation des slots GTS (1/2)



Occupation des slots GTS (2/2)



Période avec contention CAP (modulation BPSK) ^(1/4)

Poids des éléments obligatoirement dans la supertrame

Trame beacon : maximum de 127 + 6 octets soit 1064 symboles

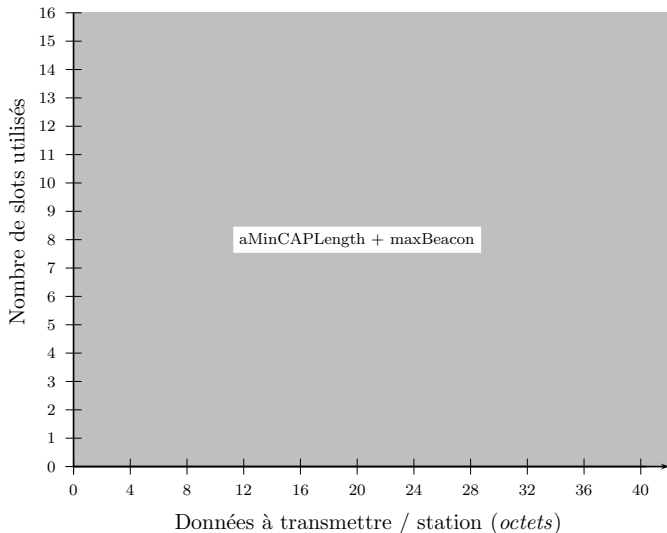
Période avec contention : *aMinCAPLength* soit 440 symboles

La période avec contention représente donc 1504 symboles à déduire de la période sans contention.

SO	Taille d'un slot	Slots utilisés	Slots restants	% SD
0	60	26	-10	-
1	120	13	3	18%
2	240	7	9	56%
3	480	4	12	75%
4	960	2	14	87%
5	1920	1	15	93%
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
14	983 040	1	15	93%

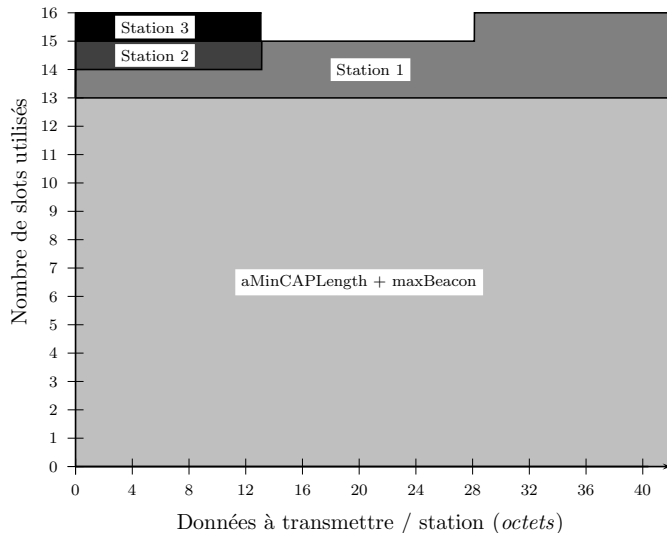
Période avec contention *CAP* (modulation BPSK) (2/4)

Pour $SO = 0$



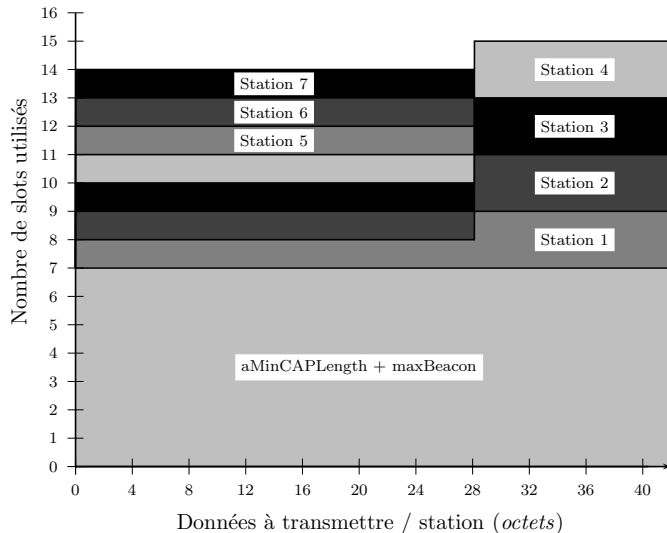
Période avec contention *CAP* (modulation BPSK) (3/4)

Pour $SO = 1$



Période avec contention CAP (modulation BPSK) (4/4)

Pour $SO = 2$



Période avec contention CAP (O-QPSK) ^(1/4)

Poids des éléments obligatoirement dans la supertrame

Trame beacon : maximum de 127 + 6 octets soit 266 symboles

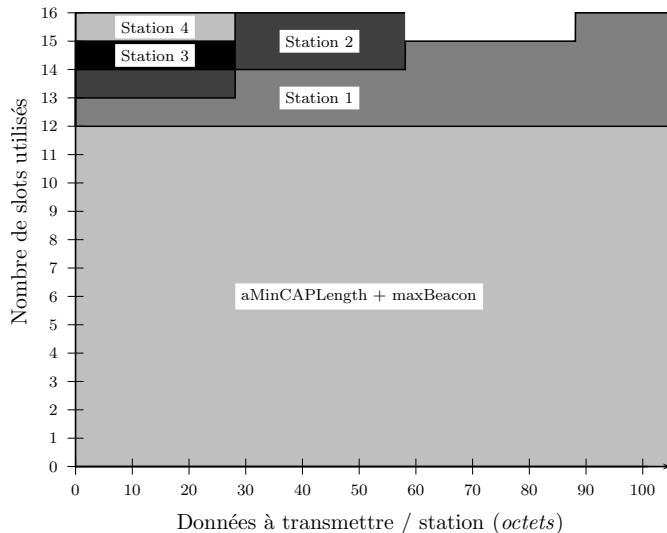
Période avec contention : *aMinCAPLength* soit 440 symboles

La période avec contention représente donc 706 symboles à déduire de la période sans contention.

SO	Taille d'un slot	Slots utilisés	Slots restants	% SD
0	60	12	4	25%
1	120	6	10	62%
2	240	3	13	81%
3	480	2	14	87%
4	960	1	15	93%
5	1920	1	15	93%
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
14	983 040	1	15	93%

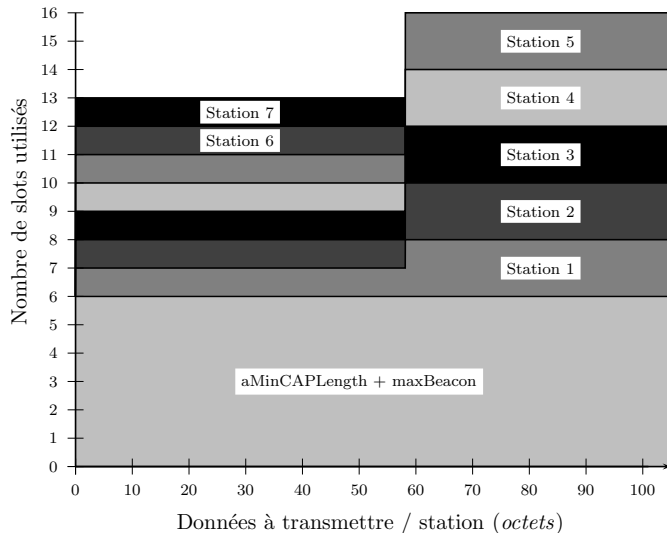
Période avec contention *CAP* (O-QPSK) (2/4)

Pour $SO = 0$



Période avec contention *CAP* (O-QPSK) (3/4)

Pour $SO = 1$



Période avec contention CAP (O-QPSK) (4/4)

Pour $SO = 2$

