

## Rapport MAC Protocoles pour WSNs,

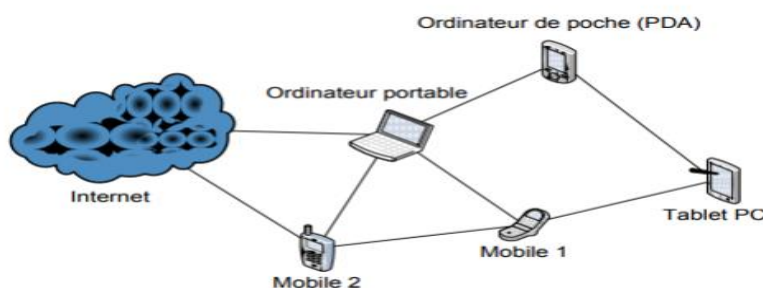
SKIKER HICHAM

SISS Group A2 Janvier 6, 2021

### I-Introduction:

#### 1 Les réseaux ad hoc

Dans les réseaux ad hoc, l'ensemble des nœuds communiquent directement entre eux. C'est-à-dire que cette fois-ci, si l'ordinateur portable veut envoyer un message au Tablet PC, il ne va pas devoir contacter systématiquement un point d'accès, mais il va envoyer les paquets directement au destinataire. C'est dans ce but que de nombreux protocoles de routage ont été proposés. L'étude de ces protocoles reste d'ailleurs encore aujourd'hui un domaine de recherche très actif.



#### 2. Définition de réseau de capteur

Un Réseau de Capteurs Sans Fil (RCSF) est un ensemble de dispositifs très petits, nommés nœuds capteurs, variant de quelques dizaines d'éléments à plusieurs milliers. Dans ces réseaux, chaque nœud est capable de surveiller son environnement et de réagir en cas de besoin en envoyant l'information collectée à un ou plusieurs points de collecte, à l'aide d'une connexion sans fil.

##### 2.1. Les capteurs

Les capteurs sont de simples petits modules électroniques à faible coût qui, grâce au principe d'auto-organisation des réseaux ad hoc, peuvent être déposés, voir même cette largués depuis un avion, sans avoir à se soucier de leur connexion et sans avoir à déployer une infrastructure lourde. Le principal problème de ces capteurs réside dans le fait que pour être produits et utilisés en grande quantité, ils doivent avoir un coût de production faible. Cela implique donc forcément des capacités

réduites : capacité de calcul ; capacité de stockage ; portée radio. Mais aussi, au-delà du problème de coût, le fait que les capteurs fonctionnent sur batterie, implique non seulement les mêmes restrictions sur la capacité, mais impose aussi de tout faire pour maximiser la durée de vie de la pile.

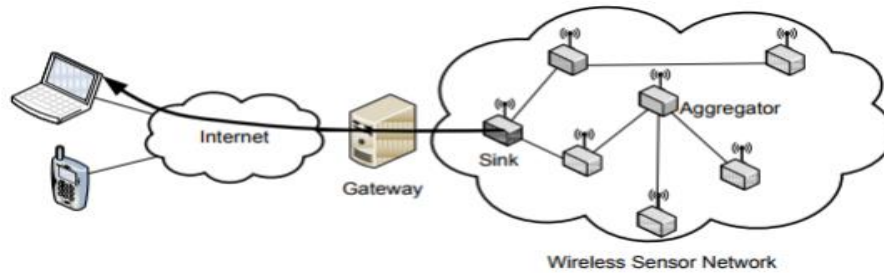


Figure 1.3 : Architecture classique d'un réseau de capteurs sans fils

**2.2.1 .Le capteur (Sensor)** Comme le dit bien son nom, il est en charge de mesurer une valeur relative à son environnement (température, pression, luminosité, présence, etc.). Internet Wireless Sensor Network Sink Gateway Aggregator On peut parfois rencontrer des capteurs actionneurs qui non seulement mesureront mais auront aussi pour rôle d'entreprendre une action en fonction de la valeur mesurée.

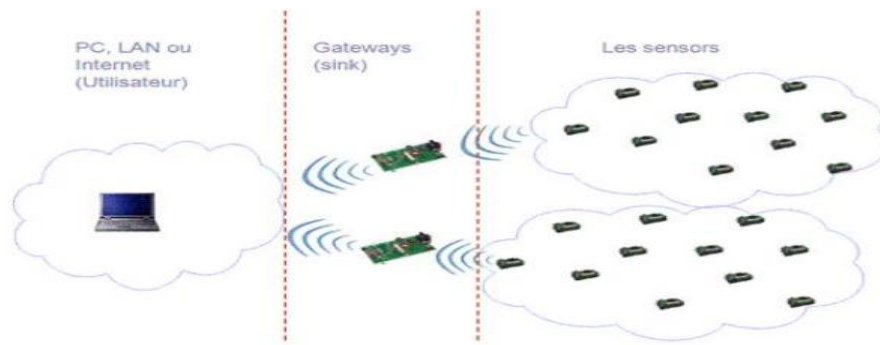
**2.2.2. L'agrégateurs (aggregator)** Il est en charge d'agréger les messages qu'il reçoit de plusieurs capteurs puis de les envoyer en un seul message au puits (sink). Cette opération a pour principal but de limiter le trafic sur le réseau et donc de prolonger la durée de vie globale du réseau de capteur. Il correspond généralement à la tête d'une grappe (cluster head).

**2.2.3. Le puits (sink)** Le puits est le nœud final du réseau. C'est à lui qu'est envoyé l'ensemble des valeurs mesurées par le réseau. Il peut arriver qu'il y'ait plusieurs puits sur un même réseau de capteurs.

**2.2.4. La passerelle (gateway)** La passerelle est un dispositif qui a la particularité d'avoir deux interfaces réseau. Il permet de relier le réseau de capteurs sans fils à un réseau plus traditionnel, typiquement l'internet. En effet, habituellement le réseau de capteurs ne sert qu'à faire remonter les mesures, les applications traitant ces informations étant exécutées sur la machine de l'utilisateur final. Le fonctionnement global de cette architecture consiste donc à ce que les capteurs fassent des mesures qu'ils font remonter au puits via les agrégateurs.

**3. Architecteur de réseaux capteur sans fil** Un RCSF est composé d'un ensemble de nœuds capteurs. Ces nœuds capteurs organisés en champs « sensorfields ».chacun de ces nouds a la capacité de collecte des données et des transférer au nœud passerelle (dit « sink »en anglais ou puits) par l'intermédiaire d'une architecture multi-sauts. Le puits transmet en suit ces données par internet ou

par satellite a l'ordinateur central pour analyser ces donner et prend des décisions.



**Figure 1.4 :** architecteur d'un réseau de capteur sans file

Un capteur est composé de 3 unités :

**4.1. L'unité d'acquisition** L'unité d'acquisition est composée d'un capteur qui va obtenir des mesures numériques sur les paramètres environnementaux et d'un convertisseur Analogique/Numérique qui va convertir l'information relevée et la transmettre à l'unité de traitement.

#### 4.2. L'unité de traitement

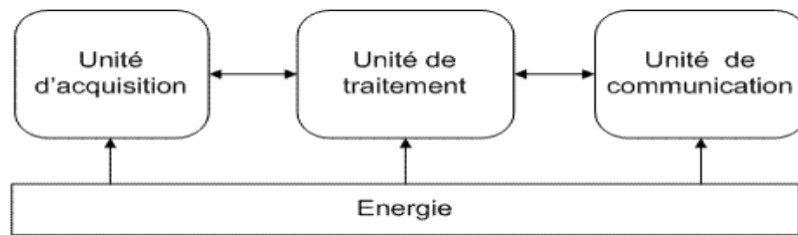
L'unité de traitement est composée de deux interfaces, une interface pour l'unité d'acquisition et une interface pour l'unité de transmission. Cette unité est également composée d'un processeur et d'un système d'exploitation spécifique. Elle acquiert les informations en provenance de l'unité d'acquisition et les envoie à l'unité de transmission.

#### 4.3. L'unité de transmission

L'unité de transmission est responsable de toutes les émissions et réceptions de données via un support de communication radio. C'est la batterie qui, n'est généralement ni rechargeable ni remplaçable. La capacité d'énergie limitée au niveau des capteurs représente la contrainte principale lors de conception de protocoles pour les réseaux de capteurs. Les unités d'énergie peuvent être supportées par des photopiles qui permettent de convertir l'énergie lumineuse en courant électrique.

#### 4.4. La source d'énergie

Pour des réseaux de capteurs sans fil autonome, l'alimentation est une composante cruciale. Il y a essentiellement deux aspects : premièrement, stocker l'énergie et la fournir sous la forme requise ; deuxièmement, tenter de reconstituer l'énergie consommée par un réapprovisionnement grâce à une source externe au nœud-capteur telles les cellules solaires. Le stockage de l'énergie Se fait traditionnellement en utilisant ses piles.



**Figure 1.5:** les composants d'un nœud capteur.

**Avant de parler sur WSN, j'ai préparé une introduction sur des définitions importantes à connaître**

## II- Wireless Sensor Networks (WSNs)

Réseaux sans fil spécifiques aux applications pour la surveillance, les espaces intelligents, les systèmes médicaux et l'exploration robotique. Dispositifs de détection à piles et à puissance limitée. Grand nombre de nœuds distribués déployés de manière ad hoc.

Les différentes problématiques autour des réseaux de capteurs concernent l'auto configuration d'un tel réseau, dans un contexte de mobilité et l'économie des ressources énergétiques de ses nœuds (l'objectif est qu'un capteur tienne quatre ans avec une pile AAA). Pour économiser au mieux la batterie d'un nœud, il faut que ses transmetteurs radio soient coupés la plupart du temps. Ceci pose le problème de la synchronisation des nœuds et la répartition des périodes de réveil. Il faut donc une couche MAC permettant aux nœuds d'avoir des phases de sommeil, tout en ne nuisant pas trop à la communication.

**1-Sécurité :** Les applications de sécurité WSN peuvent être utilisées pour la sécurité de l'infrastructure et applications de lutte contre le terrorisme. Bâtiments et installations critiques tels que l'électricité, les usines et les centres de communication doivent être préservés des terroristes potentiels. Des réseaux intégrés de capteurs vidéo, acoustiques et autres peuvent être déployés autour de ces installations. Ces capteurs peuvent garantir une détection précoce des problèmes possibles. Couverture et détection améliorées et réduction des faux

le taux d'alarme peut être obtenu en fusionnant les données de plusieurs capteurs.

### 2-Sensor-MAC (S-MAC)

Les synchronisations gérées localement et les horaires de veille-écoute périodiques basés sur ces synchronisations constituent l'idée de base du protocole Sensor-MAC (SMAC). Les nœuds voisins forment des clusters virtuels pour configurer un programme de sommeil commun. Si deux nœuds voisins résident dans deux clusters virtuels différents, ils se réveillent lors des périodes d'écoute des deux clusters. Un inconvénient de l'algorithme S-MAC est cette possibilité de suivre deux horaires différents, ce qui se traduit par une plus grande consommation d'énergie via l'écoute au ralenti et l'écoute. Les échanges d'horaires sont accomplis par des diffusions périodiques de paquets SYNC aux voisins immédiats.

La période pour chaque nœud pour envoyer un paquet SYNC est appelée la période de synchronisation. La figure 1 représente un exemple de communication émetteur-récepteur.

L'évitement de collision est obtenu par un sens de porteuse, représenté par CS sur la figure. De plus, les échanges de paquets RTS / CTS sont utilisés pour les paquets de données de type monodiffusion. Une caractéristique importante de S-MAC est le concept de passage de messages où les messages longs sont divisés en trames. Avec cette technique, on peut réaliser des économies d'énergie en minimisant les frais généraux de communication

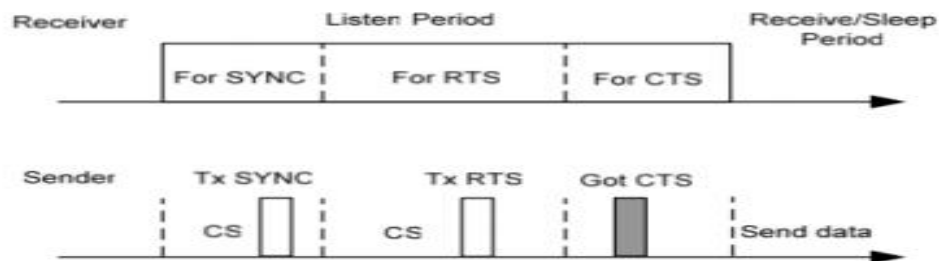
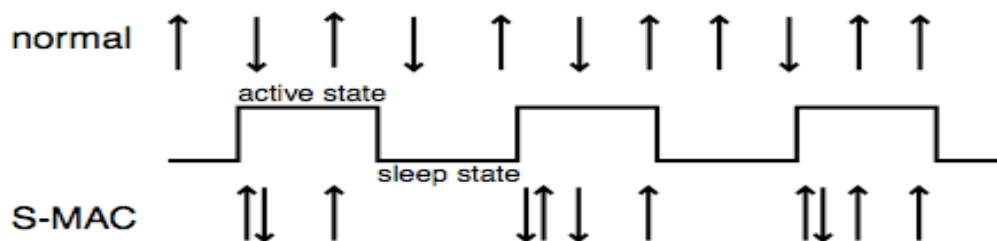


Figure 1: S-MAC Messaging Scenario [1]



✚ Caractéristiques :

- Les nœuds dorment périodiquement
- Traite l'efficacité énergétique pour un débit plus faible et une latence plus élevée
- Sommeil pendant les transmissions d'autres nœuds

✚ Avantages: Le gaspillage d'énergie causé par l'écoute au ralenti est réduit par les horaires de sommeil. En plus de sa simplicité de mise en œuvre, la surcharge de synchronisation de l'heure peut être évitée avec des annonces d'horaire de sommeil.

✚ Inconvénients: les paquets de données de diffusion n'utilisent pas RTS / CTS, ce qui augmente la probabilité de collision. L'écoute adaptative entraîne une sur-écoute ou une écoute inactive si le paquet n'est pas destiné au nœud d'écoute. Les périodes de veille et d'écoute sont prédéfinies et constantes, ce qui diminue l'efficacité de l'algorithme sous une charge de trafic variable.

### 3- WiseMAC Protocol

Le protocole TDMA spatial et CSMA avec préambule d'échantillonnage est proposé où tous les nœuds de capteur sont définis pour avoir deux canaux de communication. L'accès au canal de données s'effectue avec la méthode TDMA, tandis que le canal de contrôle est accessible avec la méthode CSMA.

WiseMAC planifie les transmissions de sorte que l'heure d'échantillonnage du nœud de destination corresponde au milieu du préambule de l'expéditeur. Pour réduire la possibilité de collisions causées par cette heure de début spécifique du préambule de réveil, un préambule de réveil aléatoire est conseillé. Un autre paramètre affectant le choix de la longueur du préambule de réveil est la dérive d'horloge potentielle entre la source et la destination.

Compte tenu de cette limite inférieure, une longueur de préambule,  $T_p$ , est choisie au hasard. La figure 2 présente le concept WiseMAC.

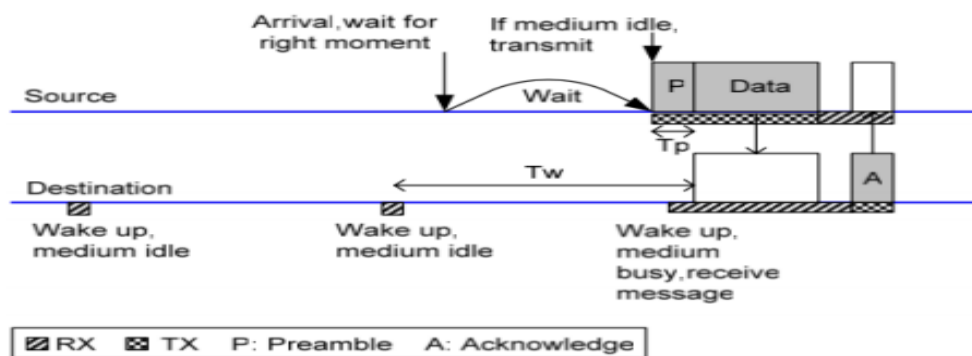


Figure 2: Wise MAC Concept [1]

- Avantages: Les résultats de la simulation montrent que WiseMAC fonctionne mieux que l'une des variantes S-MAC. En outre, son ajustement dynamique de la longueur du préambule se traduit par de meilleures performances dans des conditions de circulation variables. De plus, les dérives d'horloge sont gérées dans la définition du protocole, ce qui atténue l'exigence de synchronisation de l'heure externe.
- Inconvénients: Le principal inconvénient de WiseMAC est que la planification de l'écoute de sommeil décentralisée entraîne des heures de veille et de réveil différentes pour chaque voisin d'un nœud.

### 4- DMAC Protocol

modèle de communication le plus observé au sein des réseaux de capteurs. Ces chemins unidirectionnels entre les sources possibles et le puits pourraient être représentés comme des arbres de collecte de données. L'objectif principal de DMAC est d'obtenir une latence très faible, tout en étant économe en énergie. DMAC pourrait être résumé comme un algorithme amélioré Slotted Aloha où les slots sont attribués aux ensembles de nœuds sur la base d'un arbre de collecte de données comme le montre la figure 3. Par conséquent, pendant la période de réception d'un nœud, tous ses nœuds enfants ont des périodes de transmission et luttent pour le médium. Une faible latence est obtenue en attribuant des créneaux suivants aux nœuds qui se succèdent dans le chemin

de transmission de données.

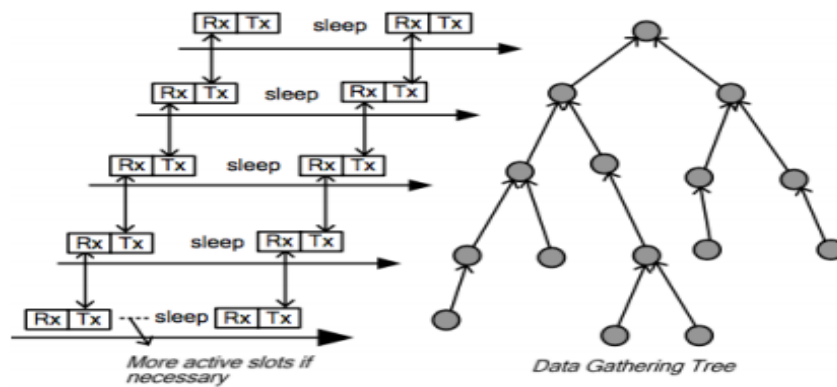


Figure 3: A data gathering tree and its DMAC implementation [1]

- ✚ Avantages: DMAC réalise une très bonne latence par rapport aux autres méthodes d'attribution de période de veille / écoute. La latence du réseau est cruciale pour certains scénarios, dans lesquels DMAC pourrait être un candidat fort. sept
- ✚ Inconvénients: les méthodes d'évitement des collisions ne sont pas utilisées, par conséquent, lorsqu'un certain nombre de nœuds ayant le même calendrier (même niveau dans l'arborescence) tentent d'envoyer au même nœud, des collisions se produisent. Il s'agit d'un scénario possible dans les réseaux de capteurs déclenchés par un événement. En outre, les chemins de transmission de données peuvent ne pas être connus à l'avance, ce qui empêche la formation de l'arbre de collecte de données.

### 5- Timeout-MAC (T-MAC) / Dynamic SensorMAC(DSMAC) Protocol

Les périodes de veille statique de S-MAC entraînent une latence élevée et un débit inférieur, comme indiqué précédemment. Timeout-MAC (T-MAC) est proposé pour améliorer les mauvais résultats du protocole S-MAC sous une charge de trafic variable.

En T-MAC, la période d'écoute se termine lorsqu'aucun événement d'activation ne s'est produit pendant un seuil temporel TA. La décision pour l'AT est présentée avec quelques solutions au problème de sommeil précoce défini.

On s'attend à une charge variable dans les réseaux de capteurs, car les nœuds les plus proches du puits doivent relayer plus de trafic. Bien que T-MAC donne de meilleurs résultats sous ces charges variables, la synchronisation des périodes d'écoute au sein des clusters virtuels est interrompue. C'est l'une des raisons du problème de sommeil précoce. Dynamic Sensor-MAC (DSMAC) ajoute une fonction de cycle de service dynamique au S-MAC.

L'objectif est de réduire la latence pour les applications sensibles au retard. Au cours de la période SYNC, tous les nœuds partagent leurs valeurs de latence à un bond (temps entre la réception d'un paquet dans la file d'attente et sa transmission). Tous les nœuds commencent avec le même cycle de service. La figure 4 illustre conceptuellement le doublement du cycle de service du DSMAC. Lorsqu'un nœud récepteur remarque que la valeur de latence moyenne d'un saut est élevée, il décide de recouvrir son temps de sommeil et l'annonce dans la période SYNC. En conséquence, après qu'un nœud émetteur a reçu ce signal de décrémentation de période de sommeil, il vérifie dans sa file

d'attente les paquets destinés à ce nœud récepteur. S'il y en a un, il décide de doubler son cycle de service lorsque son niveau de batterie est supérieur à un seuil spécifié.

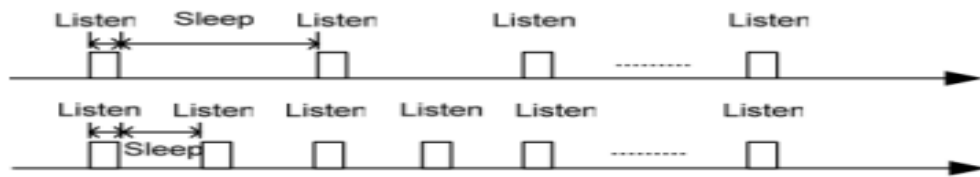
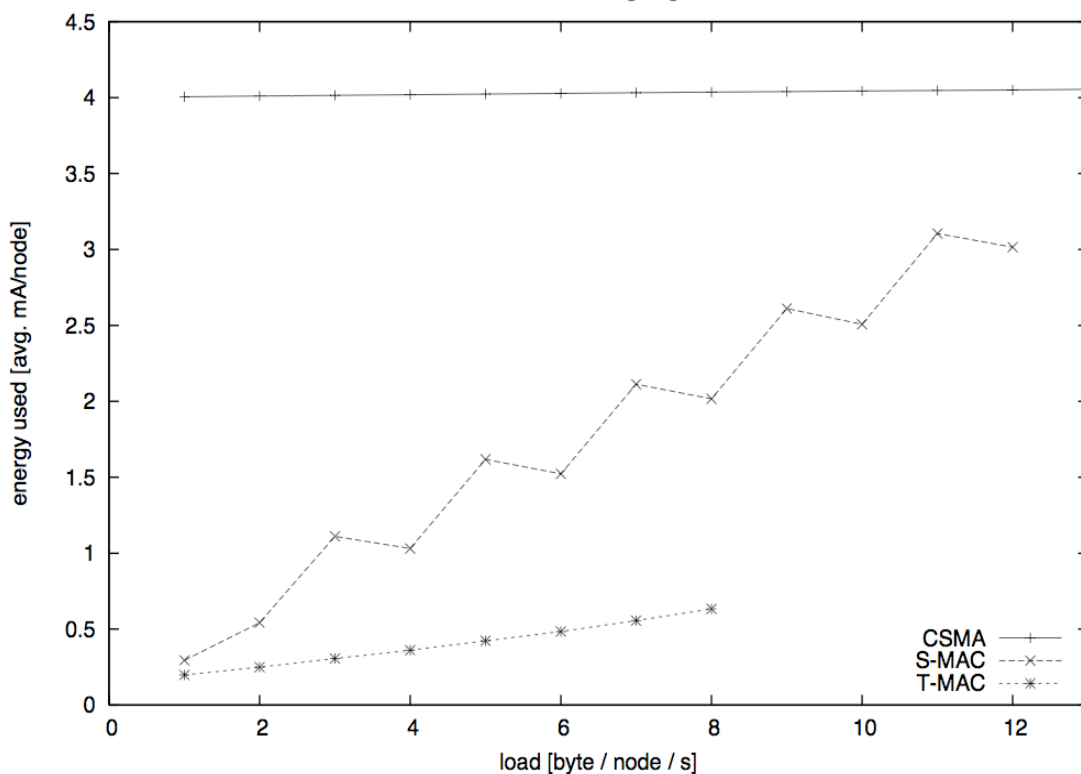
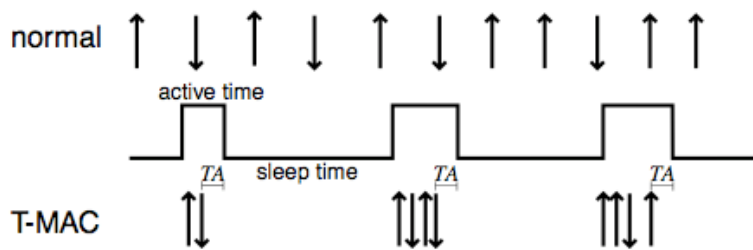


Figure 4: DSMA duty cycle doubling [1]



T-MAC économise de l'énergie par rapport au S-MAC

Le «problème de sommeil précoce» limite le débit maximal

Des tests supplémentaires sur de vrais capteurs sont nécessaires



Le cycle de service est doublé afin que les horaires des voisins ne soient pas affectés. La latence observée avec DSMAC est meilleure que celle observée avec S-MAC. De plus, il est également démontré qu'il a une meilleure consommation d'énergie moyenne par paquet.

### III-Conclusion

Selon cet article « Recherche INT N°06006RST de l'Institut National des Télécommunications, Evry, France ». Dans cet article ils ont effectué une comparaison entre les trois couches MAC (SMAC, TMAC, BMAC) pour réseaux de capteurs en termes d'énergie. Les simulations effectuées ont permis de montrer que TMAC et BMAC étaient meilleurs que SMAC en terme de **consommation énergétique**. Aussi montrés que BMAC consommait **moins d'énergie** que TMAC et SMAC dans le cas de débit **élevé**, alors que dans le cas de **faibles débits**, TMAC est meilleur que BMAC.

#### References:

- [1] Cem Ersoy Ilker Demirkol and Fatih Alagöz. Mac protocols for wireless sensor networks: a survey.
- [2] Définitions de l'internet .