

Centre universitaire de Mila, Algérie
Domaine : Mathématique et Informatique
Filière : Informatique

Chapitre 04

Les réseaux Ad Hoc & les réseaux de capteurs



Plan

Réseaux Ad hoc

- Appellation
- Historique
- Définition & caractéristiques
- Applications
- Avantages & limitations
- Routage dans les MANETs

Réseaux de capteurs

- Réseau de capteur ?
- Capteur
- Applications des RCSF
- Fonctionnement des réseaux de capteurs (RCSF)
- Architectures des RCSF
- Modèles de communication dans les RCSF

Les réseaux MANET - Mobile Ad hoc NETWORKs

- ✚ Appellation
- ✚ Historique
- ✚ Définition & caractéristiques
- ✚ Applications
- ✚ Avantages & limitations
- ✚ Routage dans les MANETs
 - ✚ Problème de routage dans MANETs
 - ✚ Classification des protocoles de routage
 - ✚ Protocole OLSR
 - ✚ Protocole AODV

Réseau Ad hoc?

Appellation

- MANET ⇔ Mobile Ad hoc Network.
 - ◆ « ad hoc » ⇔ « pour cela » ⇔ compétent, parfaitement qualifiée pour réaliser une tâche.

Historique

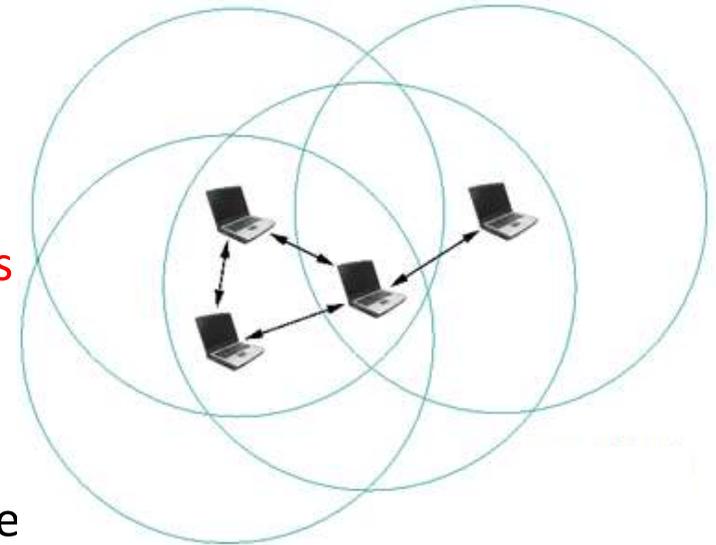
- introduit par la DARPA - *Defense Advanced Research Projects Agency*.
 - ◆ Son nom était PRNET (*Packet Radio NETWORKS*) en 1972.
 - ◆ L'objectif: réseau qui fonctionne quelque soit la situation (projet SURAN).

Réseau Ad hoc?

✚ Définition & caractéristiques

■ Un réseau ad hoc est:

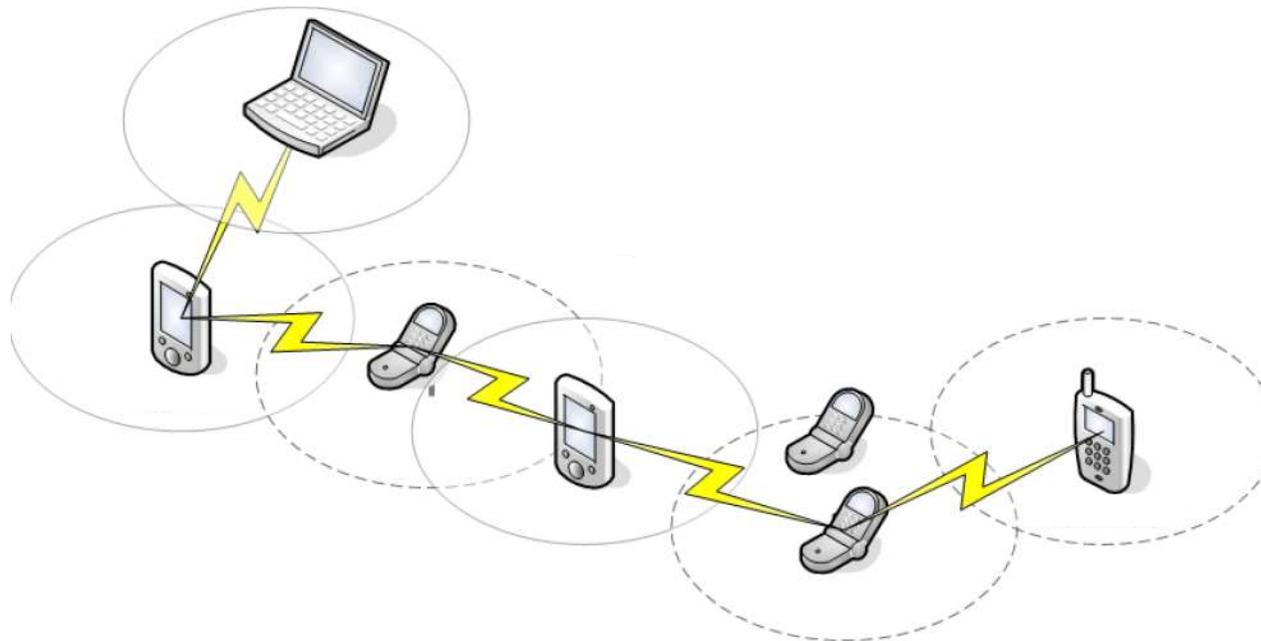
- ✓ constitué d'un ensemble d'unités mobiles **autonomes**
 - Utilisation limitée de l'énergie
- ✓ communiquant via un **médium radio**.
 - héritent des problèmes des réseaux sans fil (inte
 - Liaison à débits variables et bande passante limitée
- ✓ Topologie **dynamique** (mobilité élevée: mouvement des nœud, entrée en sommeil),
 - Configuration spontanée et temporaire (change avec le temps)
- ✓ ne requiert pas une administration **centralisée** (auto organisé).



Réseau Ad hoc?

+ Définition & caractéristiques

- ✓ sans infrastructure **fixe** (pas de routeurs dédiés).
 - Les stations se trouvent à la portée radio les unes des autres
 - Pour les stations hors de portée immédiate, d'autres stations assurent le routage.
 - Réseaux multi sauts sans fil.



Réseau Ad hoc?

Applications

- Applications de collaborations
 - Meetings et échanger rapide des informations (Bluetooth)
- Acquisition de données dans des terrains inhospitaliers
 - Etude des espèces, météorologie, etc.
- Urgences et opération de secours
 - Catastrophes naturelles (infrastructures préexistantes sont non opérationnelles).
- Militaires
 - Interventions en milieu hostile (difficile d'utiliser un réseau à infrastructure).
- Etendre les réseaux
 - Assurer une couverture (zone où il n'y a pas infrastructure)

Réseau Ad hoc?

Avantages

- ✓ Pas de câblage.
- ✓ Déploiement facile.
- ✓ Consommation énergétique faible.
- ✓ Mobilité et déplacement libre.
- ✓ Coût d'installation réduit.

Limitations (inconvenients)

- ✗ Bande passante limitée.
- ✗ Taux d'erreur élevé.
- ✗ Gestion de la mobilité (topologie dynamique et non prédictible)
- ✗ Capacités des nœuds limitées.
- ✗ Pas de sécurité physique (vol)

Routage dans les MANETs

Routage dans les réseaux filaires - Rappel

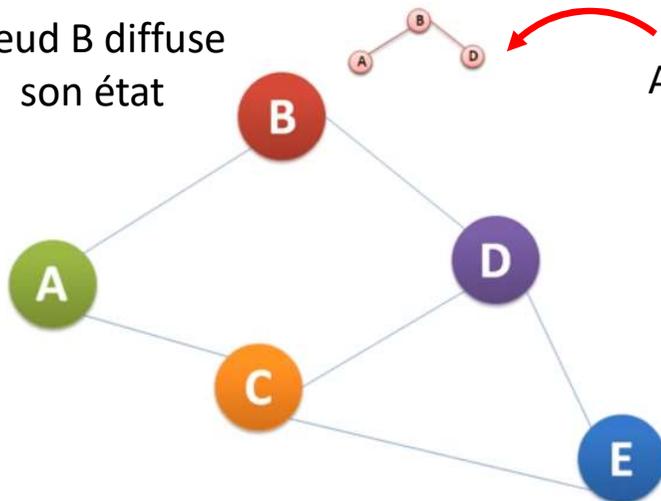
- Identification des machines d'une façon unique pour pouvoir acheminer des paquets
 - ◆ Exemple d'identificateur: l'@IP.
- Sélection de la route.
 - ◆ Utiliser un algorithme de routage à:
 - Vecteur de distance - Distance Vector (RIP)
 - Métrique: le nombre de sauts (hop).
 - Échange **périodique** des tables de routage entre tous les **voisins physiques**.
 - Choix du plus court chemin parmi plusieurs chemins disponibles.
 - Etat de lien - Link state (OSPF)
 - Métrique: Coût, bande, surcharge, etc. du lien.
 - Chaque routeur **inonde** le réseau par l'état courant de **tous les liens physiques**.
 - Le routeur à une **vue complète** sur le réseau

Routage dans les MANETs

Routage dans les réseaux filaires - Rappel

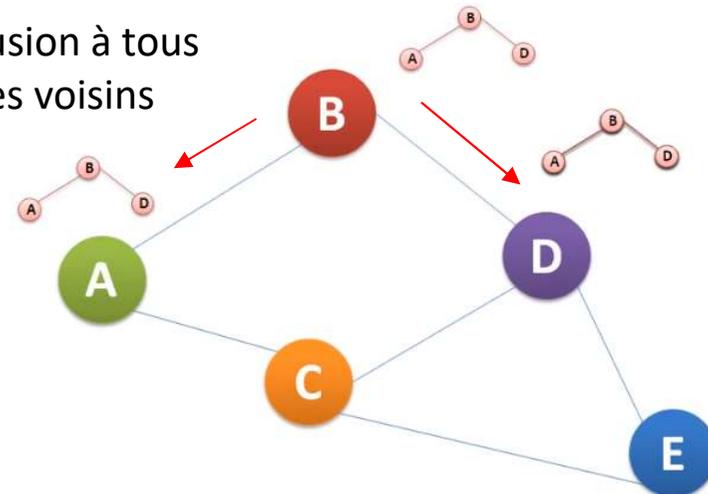
Principe du routage à état de lien (Rappel)

Nœud B diffuse son état



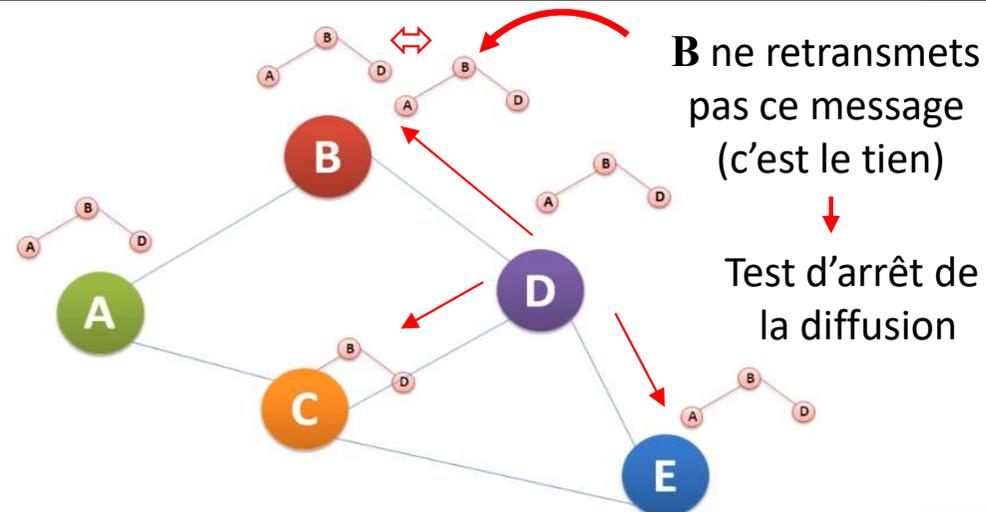
Après message « Hello »

Diffusion à tous les voisins



1

2



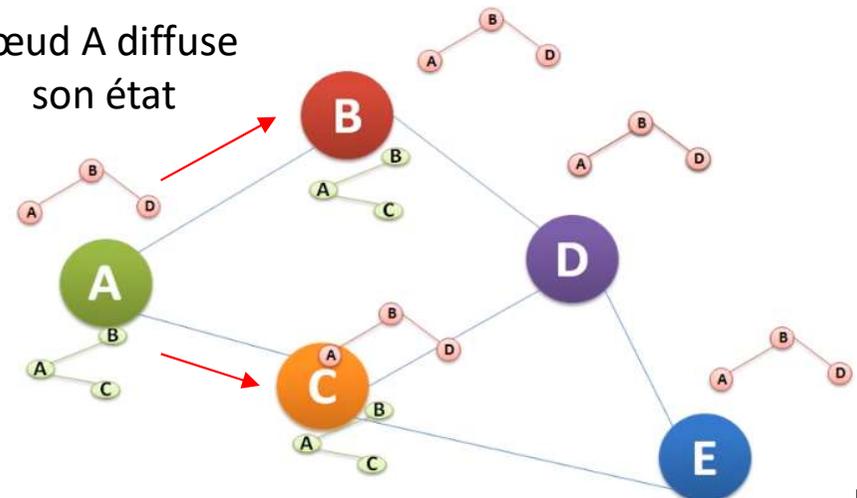
B ne retransmet pas ce message (c'est le tien)

Test d'arrêt de la diffusion

Tous les nœuds auront le message

3

Nœud A diffuse son état



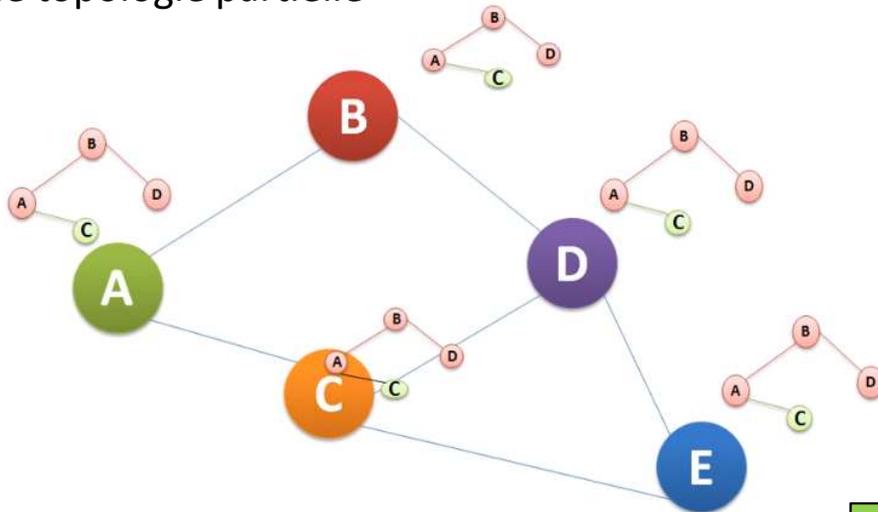
4

Routage dans les MANETs

Routage dans les réseaux filaires - Rappel

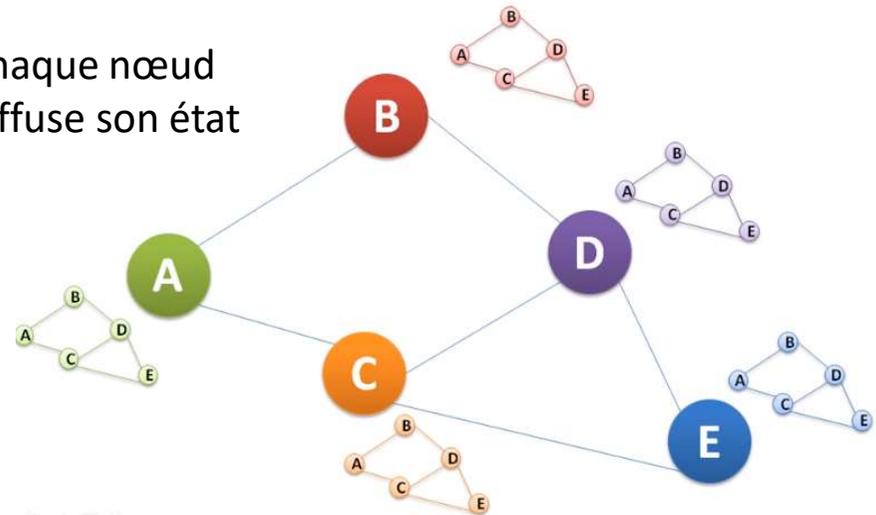
Principe du routage à état de lien (Rappel)

Chaque nœud peut créer une topologie partielle



5

Chaque nœud diffuse son état



Chaque nœud aura une vue globale sur le réseau

6

- Inconvénient de la diffusion (Flooding)
 - Des transmissions non nécessaires (perte d'énergie, bande passante, etc.)

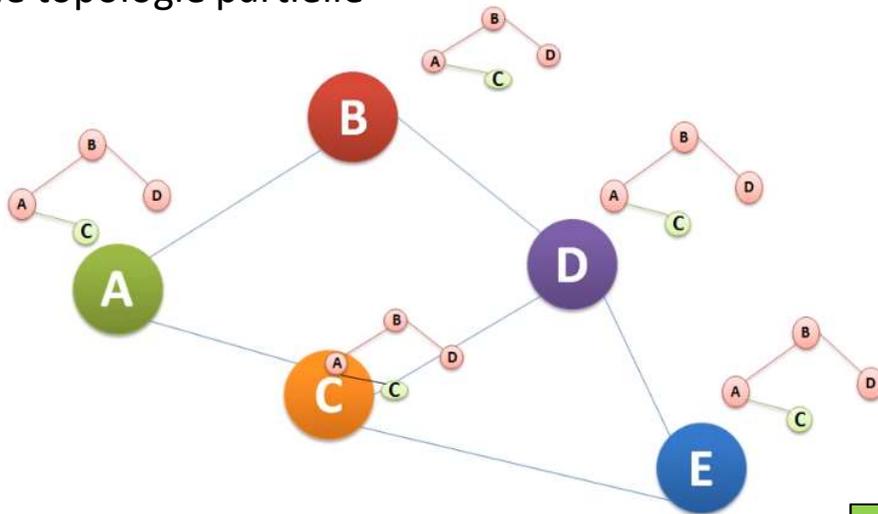
N.B. On a fait ce rappel sur le principe des protocoles LSR (Link State Routing protocole), car on en a besoin pour comprendre le protocole OLSR (dans ce qui suit)

Routage dans les MANETs

Routage dans les réseaux filaires - Rappel

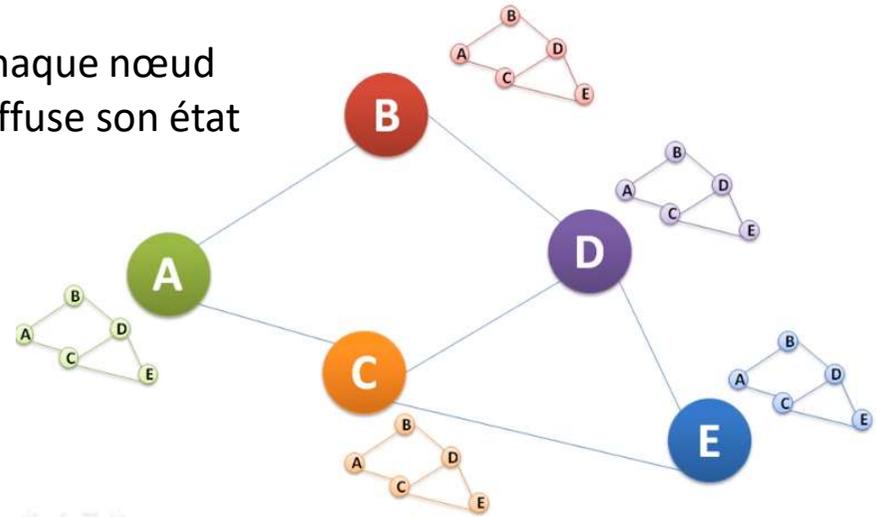
Principe du routage à état de lien (Rappel)

Chaque nœud peut créer une topologie partielle



5

Chaque nœud diffuse son état



Chaque nœud aura une vue globale sur le réseau

6

Routage dans les MANETs

Problème de routage dans les MANETs

- Topologie dynamique (à cause de la mobilité)
 - Changements **fréquents** de liens, **qualité** des liens, etc.
- Performances limitées des systèmes mobiles
 - les mises à jour périodiques des tables de routage ont besoin de l'**énergie** et parfois **inutiles**.
 - Les échanges des informations de routage réduisent de plus en plus la **bande passante**.
- **Problème !** Les protocoles conçus pour les **réseaux fixes** ne conviennent pas:
 - changements peu fréquents.
 - Les liens symétriques

Routage dans les MANETs

Problème de routage dans les MANETs

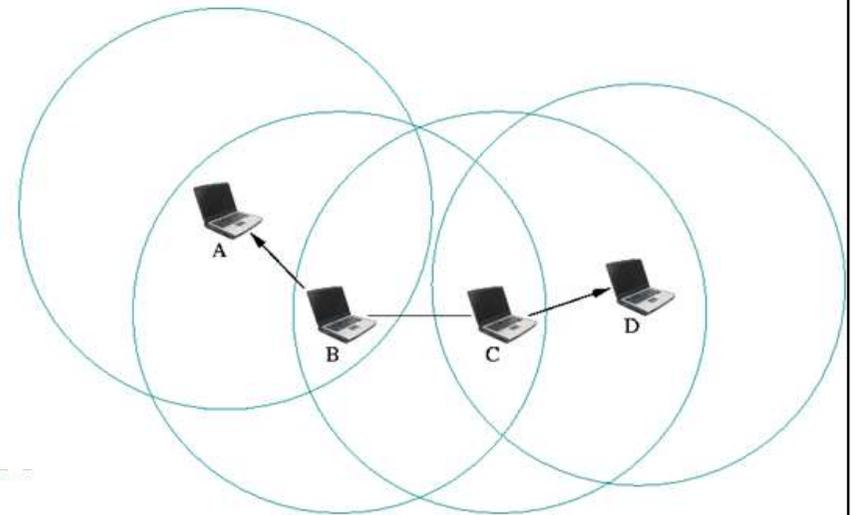
Solution

- Concevoir des algorithmes **spécialement** pour les réseaux ad hoc

- Léger (Énergie)
- Optimal (précision des routes)
- Scalable (mobilité / nœuds)
- Sécurisé, ...etc.

- Les différences à prendre en considération:

- **Aucun** routeur par défaut n'est disponible (Pas d'infrastructure)
- Chaque hôte **doit être capable** de router les paquets (joue le rôle d'un routeur).
- Liens unidirectionnels.



Routage dans les MANETs

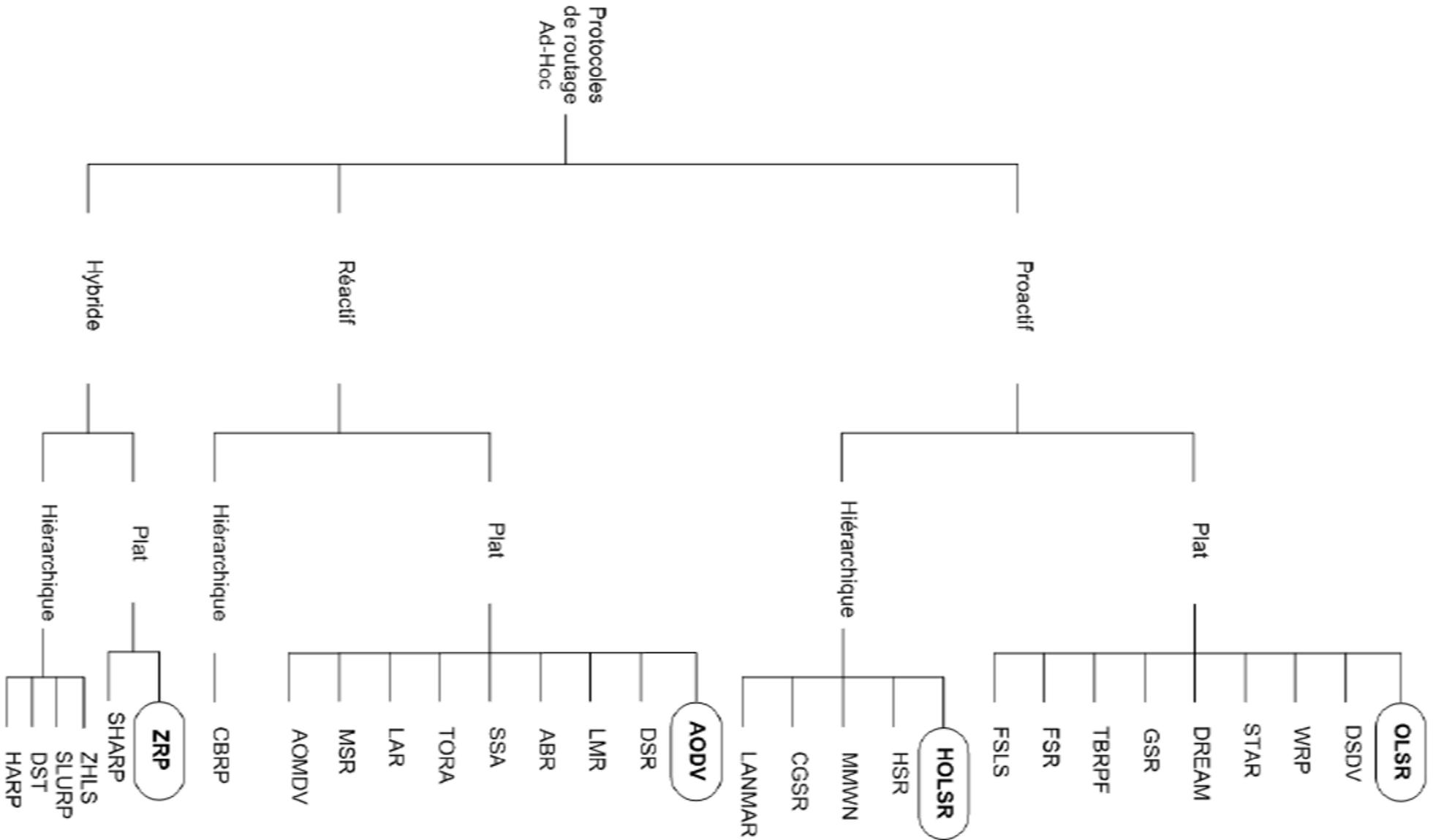
Classification des protocoles

Les protocoles de routage Ad Hoc peuvent être classés selon:

- **Les rôles attribués à ses nœuds.**
 - Plat ou hiérarchique.
- **La métrique pour calculer les routes.**
 - Vecteur de distance ou état de liens.
- **La méthode utilisée pour construire une route entre une source et une destination.**
 - Réactive ou proactive.

Routage dans les MANETs

Classification des protocoles



Routage dans les MANETs

Routage à plat vs Routage hiérarchique

Protocoles de routage « à plat »

- ◆ Aucune hiérarchie entre les noeuds du réseau (un seul niveau).
 - Les noeuds ont les mêmes rôles.
 - ✓ relayer l'information reçue vers le noeud suivant.

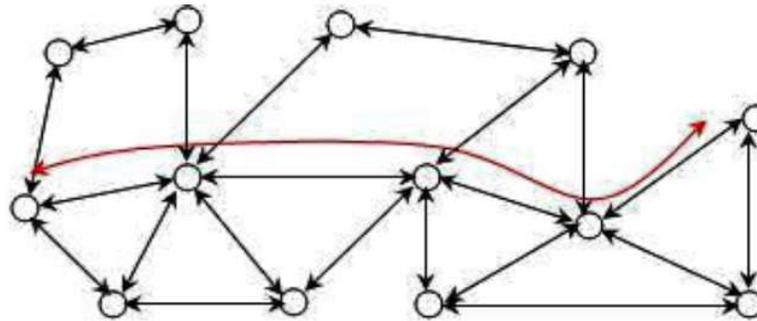
Protocoles de routage hiérarchiques

- ◆ Une structure hiérarchique entre les noeuds est définie selon leurs fonctions.
 - Les noeuds ont des rôles différents.
 - Les noeuds d'un même niveau accomplissent les mêmes tâches
 - Les noeuds d'un niveau sont liés aux noeuds du niveau supérieur.
- ◆ La hiérarchie est assurée par élection.
 - Election des noeuds pour accomplir des tâches bien particulières.
- ◆ Convenable si les noeuds sont de différentes puissances (capacité de calcul, autonomie, etc.)
 - Les noeuds puissants assurent le routage.

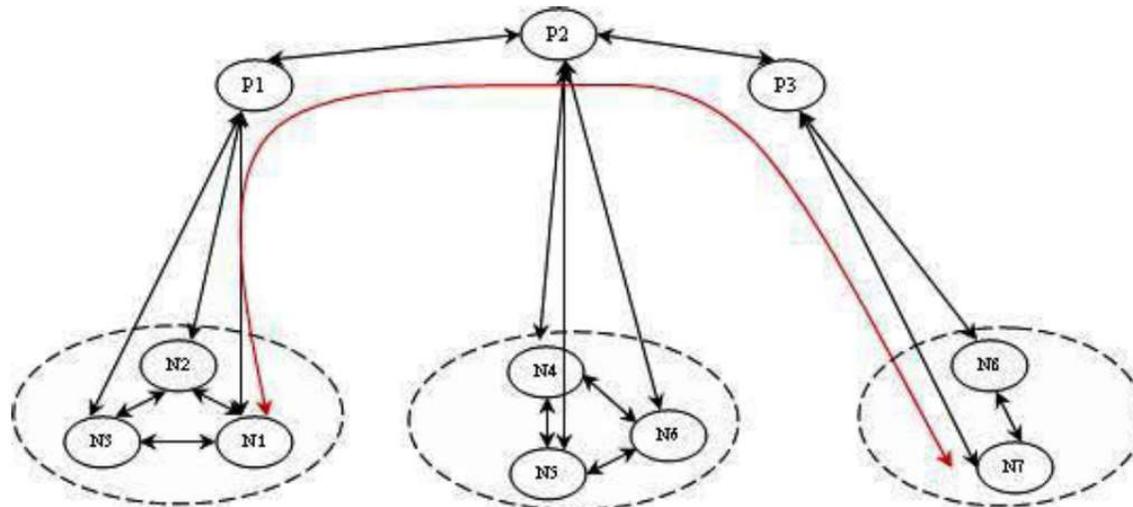
Routage dans les MANETs

✚ Routage à plat vs Routage hiérarchique

Routage à plat



Routage hiérarchique



Routage dans les MANETs

Routage à état de lien vs Routage vecteur de distance

Routage à vecteur de distance

- ◆ basé sur l'algorithme distribué de Bellman Ford.
- ◆ les noeuds voisins échangent et mettent à jour les distances des destinations connues.
 - ✓ simple à programmer et facile à implémenter.
 - ✓ réduisant la quantité d'information stockée par chaque nœud.
 - ✗ problème de boucles infinies « problème de Bellman-Ford ».

Routage à état de liens

- ◆ La table de routage contient les informations sur l'état des liens du réseau.
- ◆ Chaque nœud peut dessiner une vue globale sur le réseau.
 - ✓ une route est immédiatement disponible à la demande.
 - ✓ permet de trouver facilement des alternatives lorsqu'un lien est rompu.
 - ✓ la possibilité d'utiliser simultanément plusieurs routes vers une même destination
 - Répartition de la charge et la tolérance aux pannes.
- ✗ le stockage des informations sur l'état de tous les liens nécessite un espace important

Routage dans les MANETs

Routage proactif vs Routage réactif

Routage proactif

- Appelé routage **basé-table (Table-driven)**
 - Chaque nœud maintient une ou plusieurs tables pour stocker des information de routage.
 - Un nœud réagit aux changements de la topologie du réseau en diffusant des mises à jour.

Routage proactif:

- Appelé routage **basé-source initialisation (à la demande)**.
 - Crée les routes à la demande du nœud source.
 - Une route est maintenue jusqu'à ce que la destination devient inaccessible depuis la source ou si la route n'est plus utilisée.

Routage dans les MANETs

Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

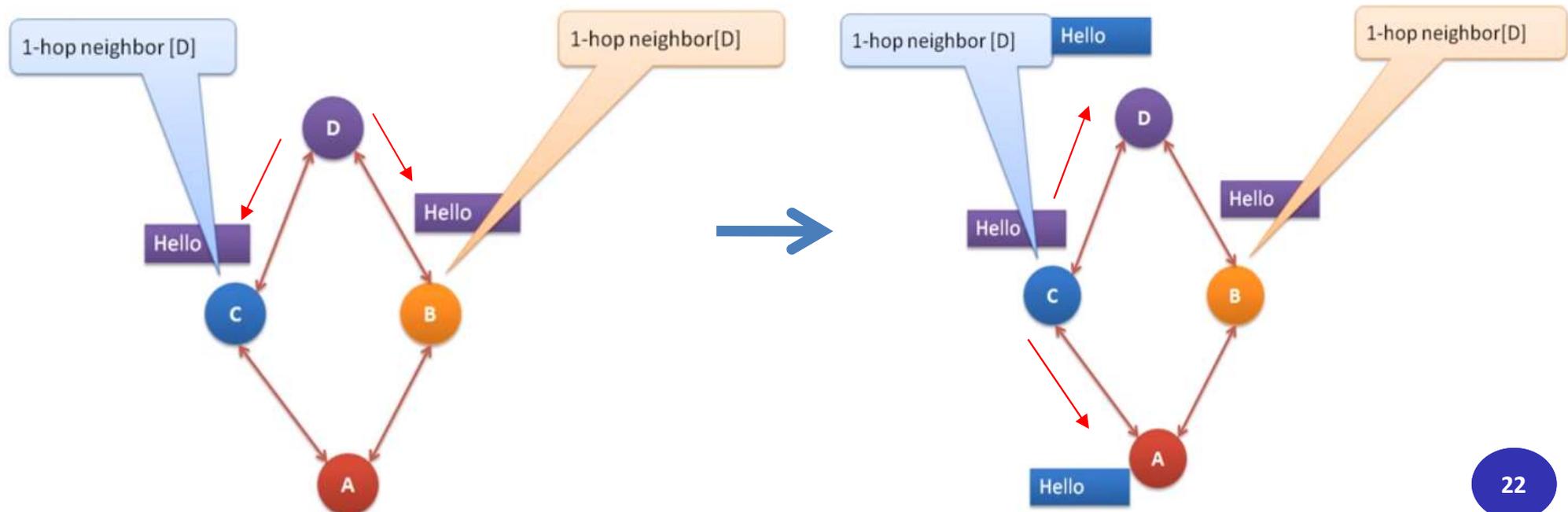
- Un protocole proactif a état de liens.
 - Tous les liens avec les noeuds voisins sont diffusés dans le réseau.
 - Echantent périodique des messages de contrôle pour maintiennent des routes
 - Chaque nœud a une carte topologique du réseau (vision globale).
 - Le plus court chemin est calculé en utilisant l'algorithme de Dijkstra.
- Une optimisation de l'algorithme d'état de lien pure (LSR)
 - réduire les messages de contrôle en utilisant des relais multipoints (MPR).
 - seuls les noeuds relais multipoint diffusent/retransmettent des messages de contrôle.
 - minimiser le coût d'inondation du trafic et réduire les retransmissions redondantes.
- Deux fonctionnalités principales
 - **Détection de voisinage.**
 - Gestion de la topologie.

Routage dans les MANETs

Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

Détection de voisinage

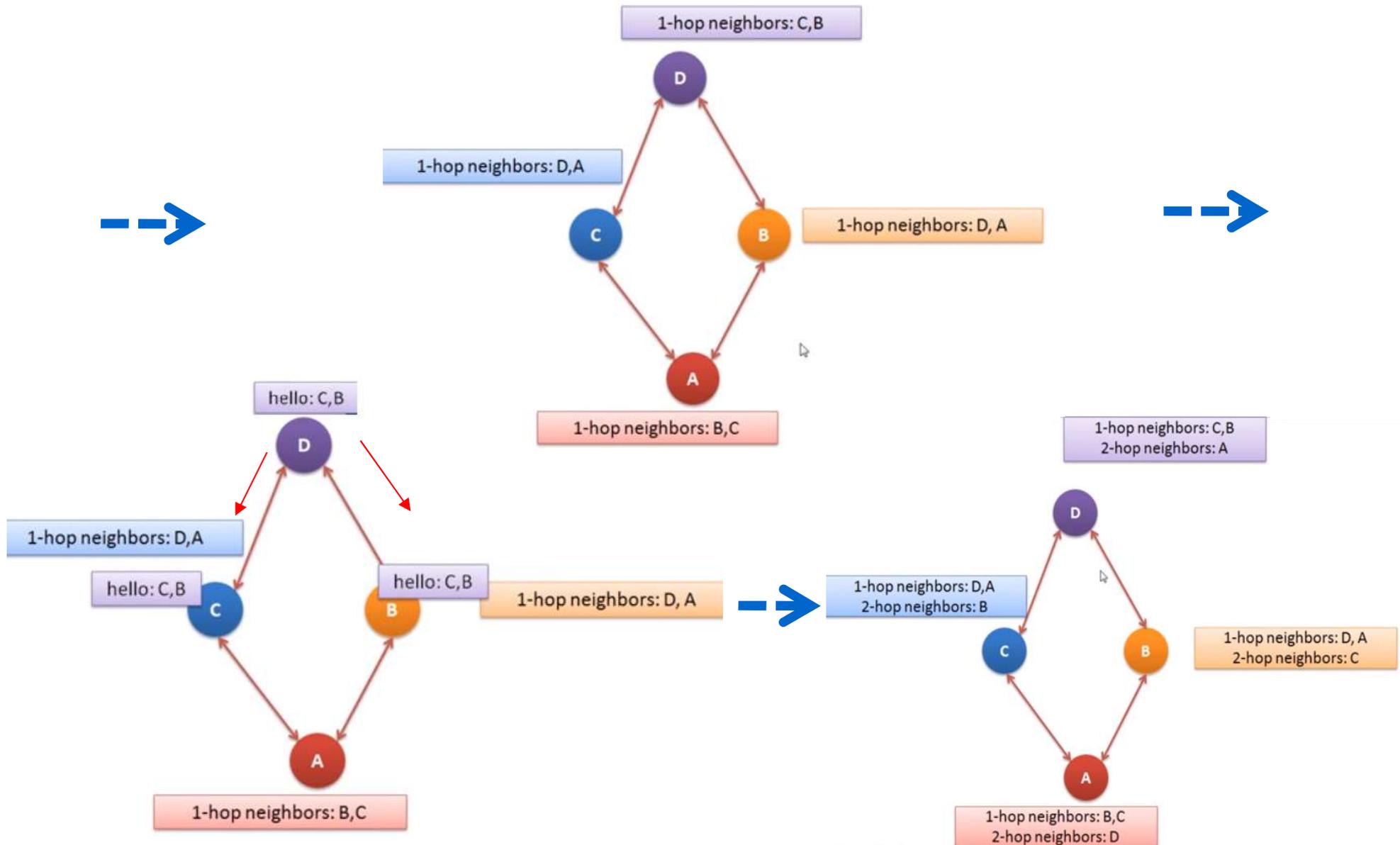
- Chaque nœud diffuse périodiquement un message « Hello » dans son voisinage 1-hop et 2-hops.
 - Le message contient des informations sur les interfaces voisines: adresse, état de lien.
 - Un lien peut avoir l'état:
 - **Symétrique**: lien est validé comme bidirectionnel. **Perdu**: le lien n'est plus valide.
 - **Asymétrique**: lien n'est pas encore validé dans l'autre sens
- Les voisins traitent le message (ne le relaient pas)



Routage dans les MANETs

Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

Détection de voisinage



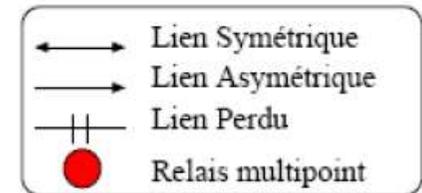
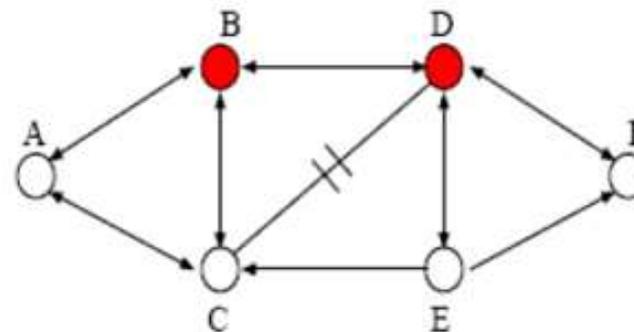
Routage dans les MANETs

Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

Détection de voisinage

■ Les informations de voisinage sont maintenues dans une **table de voisinage** contenant:

- les voisins directs
- les voisins à deux sauts
- les relais multipoints
- les sélecteurs de relais multipoint.



???

L'idée du OLSR - Voir la suite

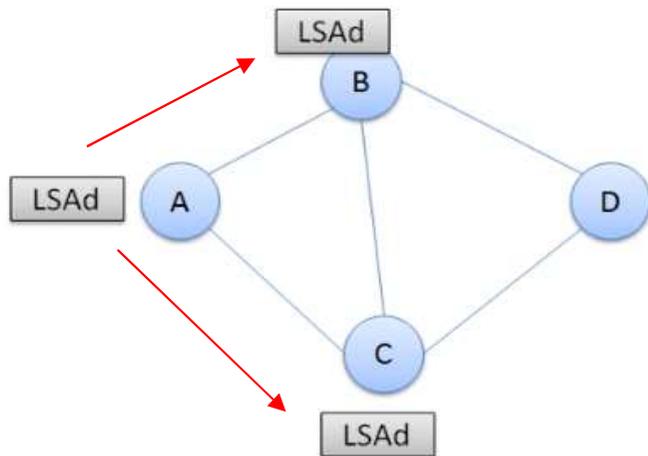
Base de A	Base de B	Base de C	Base de D	Base de E	Base de F
Voisins à 1 saut SYM: B, C ASY: — MPR: B Perdu: —	Voisins à 1 saut SYM: A, C, D ASY: — MPR: D Perdu: —	Voisins à 1 saut SYM: A, B ASY: C MPR: B Perdu: D	Voisins à 1 saut SYM: B, E, F ASY: — MPR: B Perdu: C	Voisins à 1 saut SYM: D ASY: — MPR: D Perdu: —	Voisins à 1 saut SYM: D ASY: E MPR: D Perdu: —
Voisins à 2 sauts D via B	Voisins à 2 sauts E, F via D	Voisins à 2 sauts D via B	Voisins à 2 sauts A, C via B	Voisins à 2 sauts B, F via D	Voisins à 2 sauts B, E via D
Selecteurs de MPR —	Selecteurs de MPR A, C, D	Selecteurs de MPR —	Selecteurs de MPR B, E, F	Selecteurs de MPR —	Selecteurs de MPR —

Routage dans les MANETs

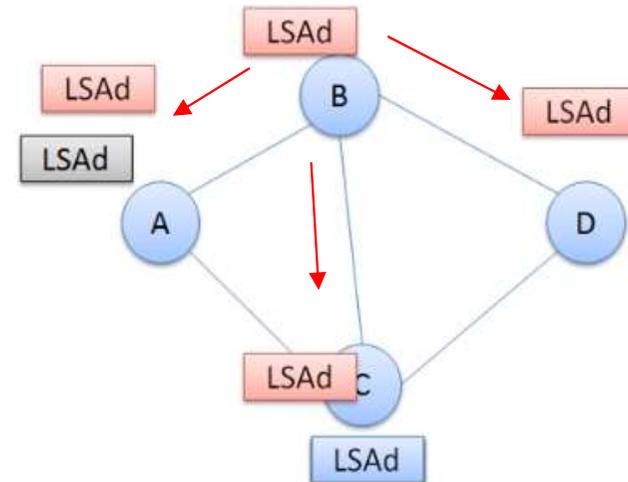
Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

Gestion de topologie

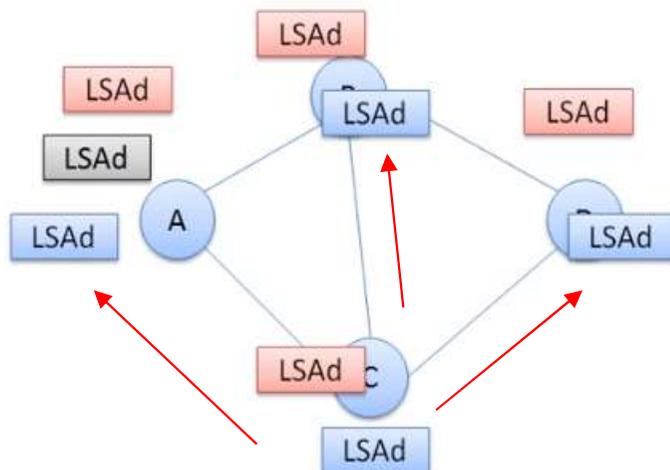
Routage à état de lien dans Ad hoc (inconvenient)



1



2



3

- Transmission de plusieurs copies du même messages (non nécessaire)
 - Consomme de l'énergie et de la bande passante

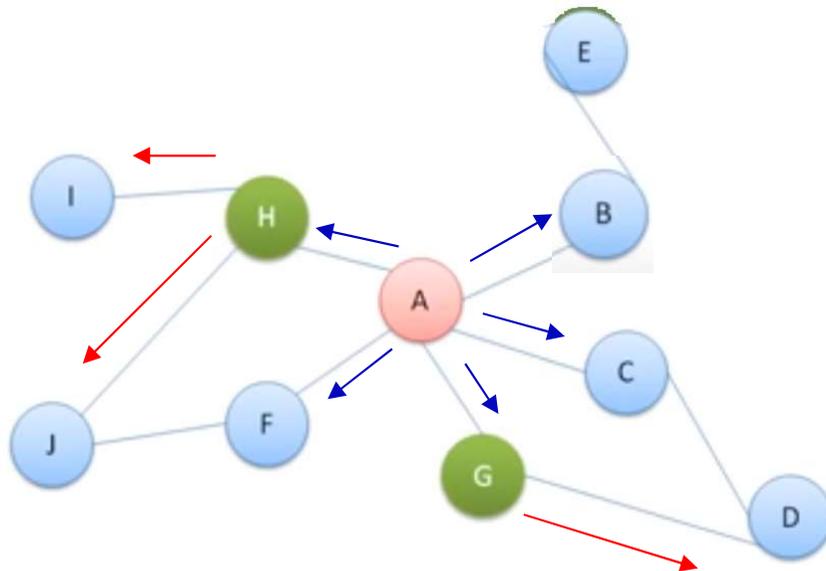
Routage dans les MANETs

Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

Gestion de topologie

Principe (OLSR) « Eviter les transmissions non nécessaires »

- Comment!**
- Chaque nœud sélectionne, parmi ses voisins, ceux qui diffusent ses messages d'état.
 - Ces nœuds sont appelés MPR – Multi Point Relay
 - Seulement les MPR peuvent transmettre des messages
 - Les voisins non MPR traitent les messages reçus mais ne les retransmettent pas.
 - Le nœud MPR ne retransmet que les paquets reçus pour la première fois de ses sélecteurs



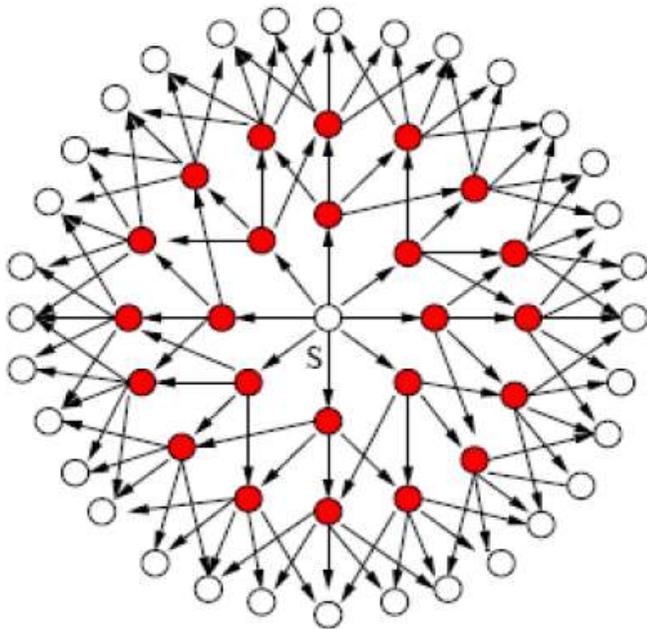
- A selecte **H** et **G** ses relais multipoints
- A diffuse un message à **tous ses voisins** (1-saut)
- Seuls H et G vont **diffuser** le message à leurs voisins

Routage dans les MANETs

Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

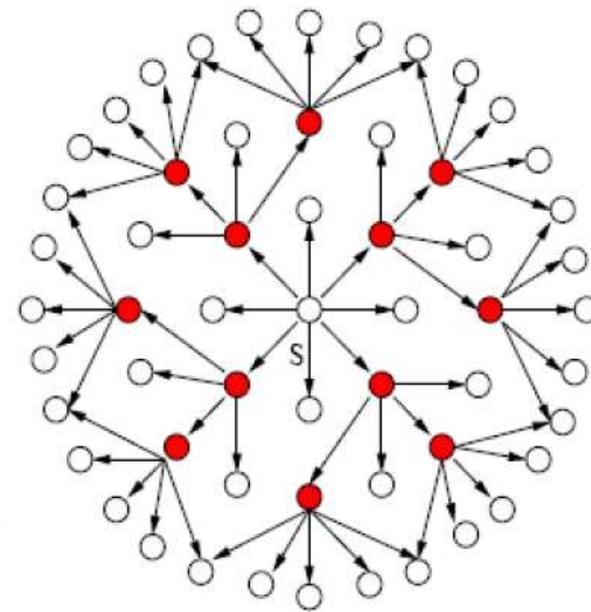
Gestion de topologie

Inondation pure vs Inondation avec relais multipoints



Inondation pure

Diffusé au voisinage à trois sauts
par 24 retransmissions.



Inondation avec des relais multipoints

Diffusion au voisinage à trois sauts
par 12 retransmissions.

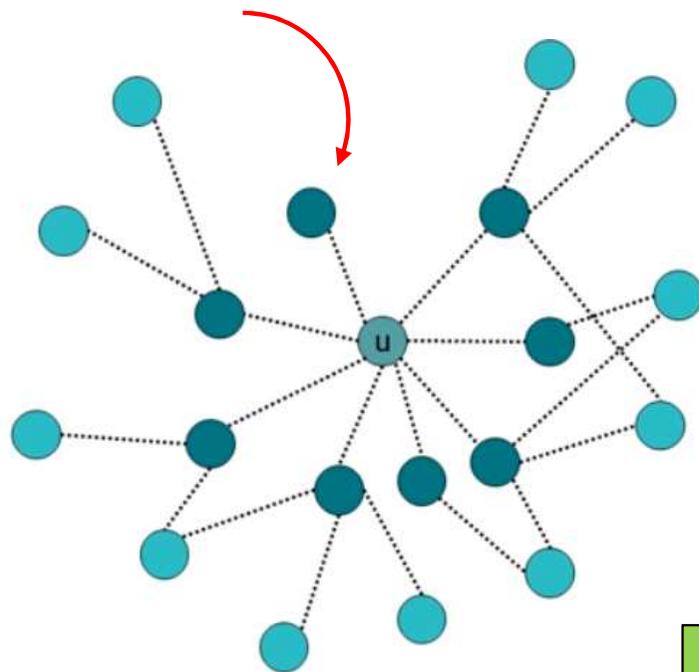
Routage dans les MANETs

Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

Gestion de topologie

Sélection des Relais multipoint

Chaque nœud choisit ses MPR parmi ses voisins 1-hope

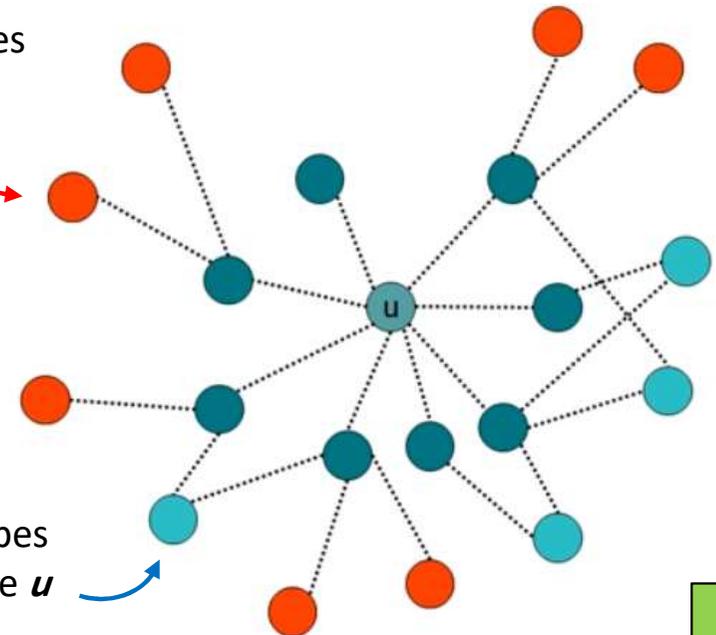


1

Etp1. Choisir les voisins 1-hope qui couvrent les voisins 2-hopes isolés

voisin 2-hopes isolé de u

voisin 2-hopes non isolé de u



2

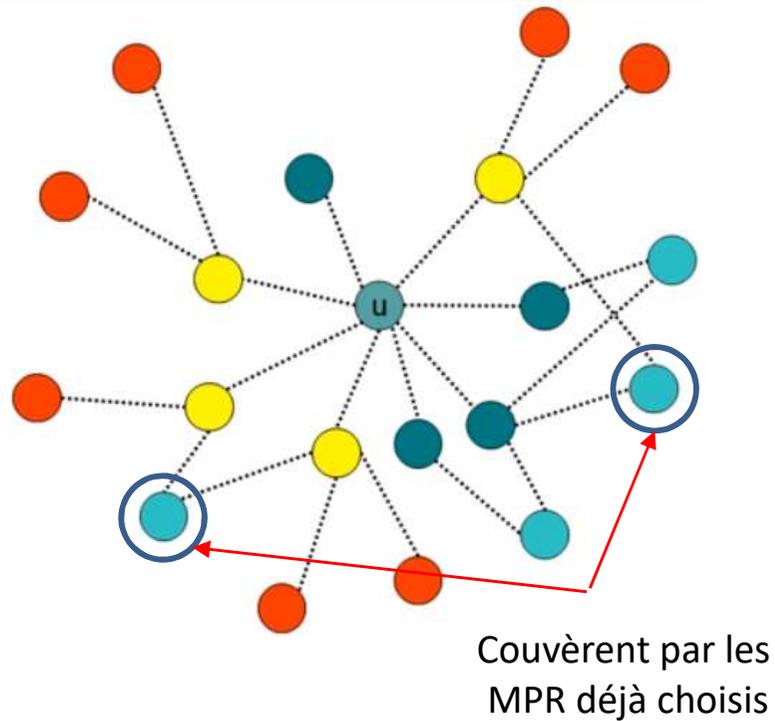
Routage dans les MANETs

Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

Gestion de topologie

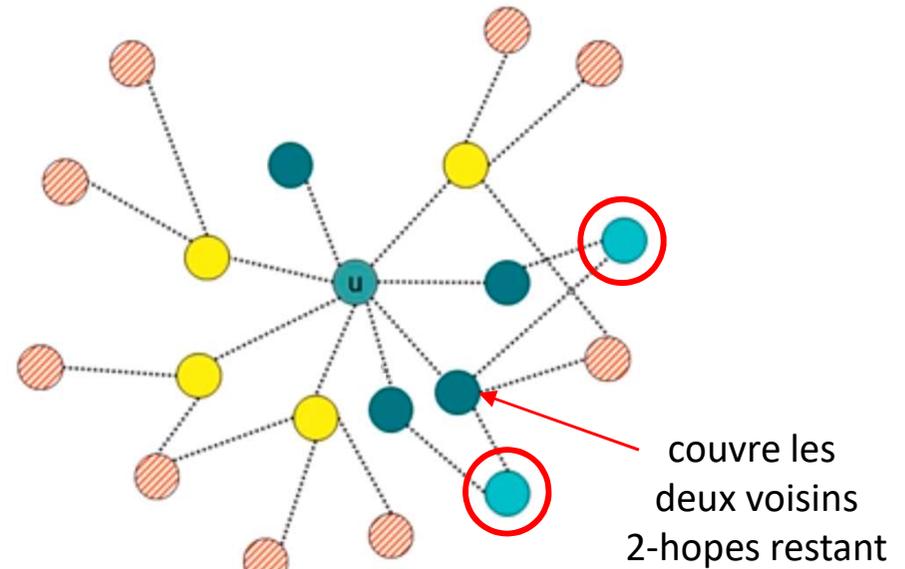
Sélection des Relais multipoint

Etp1. les MPR sont en jaune



3

Etp2. Couvrir le reste des voisins 2-hopes



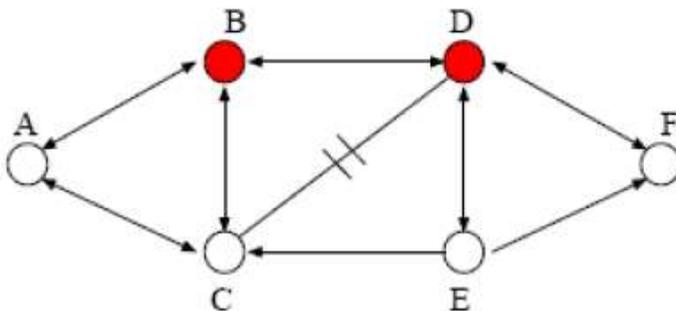
4

Routage dans les MANETs

Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

Gestion de la topologie

- Chaque MPR déclare ses nœuds sélecteurs aux autres nœuds
 - Il diffuse périodiquement à tous les nœuds du réseau des messages TC - Topology Control.
 - Le message TC contient < les sélecteurs, les numéros de séquence >
- A l'aide des TC, chaque nœud maintient une base qui donne une vision globale (mais pas entière) de la topologie du réseau.
 - Cette base est constitué d'un ensemble de tuples [T_dest, T_last, T_seq, T_time]:
 - **T_dest**: l'@ principale de la destination accessible à un saut du nœud dont l'@ T_last.
 - **T_last**: un relais multipoint de T_dest.
 - **T_seq**: un numéro de séquence
 - T-time: le lien est temporaire et peut changer à cause d'un mouvement.



Base topologique de tous les nœuds

T_dest	T_last	T_seq
A	B	seq-num
B	D	seq-num
C	B	seq-num
D	B	seq-num
E	D	seq-num
F	D	seq-num

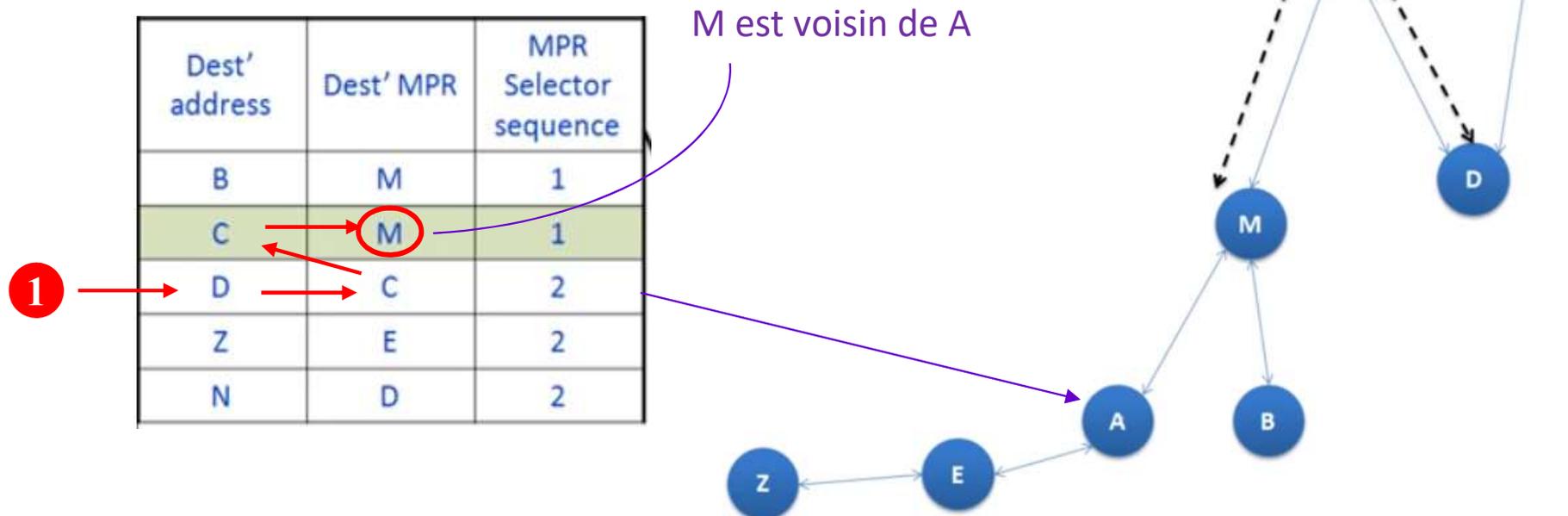
Routage dans les MANETs

Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

Calcul des routes

- Chaque nœud utilise l'algorithme de Dijkstra sur le graphe de topologie partiel construit des:
 - Liens (m, v): de la table de voisinage, tels que v est un voisin symétrique de m.
 - Liens (last, dest): de la table de topologie.
- Les routes sont optimales, sans boucles et les noeuds intermédiaires sont des relais multipoint.

Exemple – A veut envoyer à D



Routage dans les MANETs

Protocole OLSR (Optimized Link State Routing protocol)

Avantages

- ✓ La technique des MPR réduit sensiblement la surcharge due aux messages par rapport à un mécanisme classique d'inondation.
- ✓ Un nœud de la liste des MPR doit rapporter seulement les liens qui le relie avec ses sélecteurs.

inconvénients

- ✗ Une quantité d'information immense stockée au niveau de chaque nœud.
 - chaque nœud sauvegarde dans des tables la liste de ses voisins MPR, la liste de ses MPRS, la table de topologie et la table de routage.
- ✗ Le calcul engendré par chaque modification de topologie ou du voisinage d'un nœud.

Routage dans les MANETs

Protocole AODV (Ad Hoc On Demande Vector)

- Réactif (sur demande)
- Utilise deux processus: **Découverte de route** et **maintenance de routes**.

Découverte de routes

- Le nœud qui souhaite envoyer un paquet vérifie sa table de routage s'il a une route vers la destination ou non.
 - Si non, il lance un processus de découverte de route.
- Le processus commence par la diffusion d'un paquet RREQ – Route Request, par le nœud source
 - La diffusion se fait par **inondation**
- Le paquet contient:
 - @IP du nœud source et destination
 - Numéro de séquence du nœud source et destination.
 - Numéro d'identification de diffusion (incrémenté pour chaque nouvelle RREQ).
 - ID de diffusion + @IP source = Identifiant unique pour le RREQ.

Routage dans les MANETs

Protocole AODV (Ad Hoc On Demande Vector)

Découverte de routes

Principe d'inondation (Flooding)

- L'expéditeur diffuse un paquet de contrôle vers tous ses voisins.
- Chaque nœud recevant le paquet transmet le à ses voisins.
- Les numéros de séquence aident à éviter de transmettre le même paquet plus d'une fois.
- Si le paquet P atteint la destination, donc la destination est accessible depuis l'expéditeur.
- Le nœud de destination ne transfère pas le paquet de contrôle.

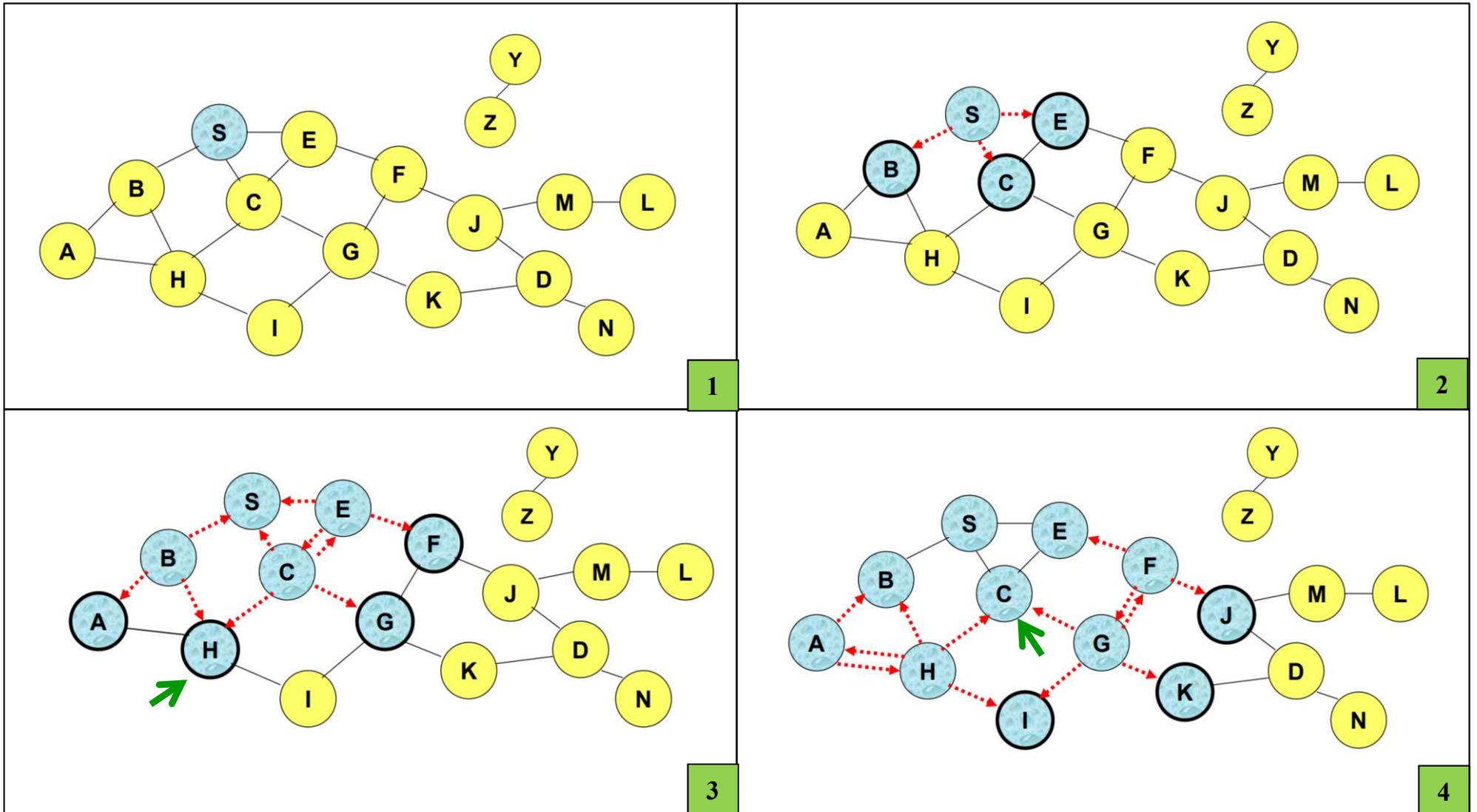
N.B. Remarque que beaucoup de protocoles utilisent le principe d'inondation pour diffuser les paquets de contrôle.

Routage dans les MANETs

Protocole AODV (Ad Hoc On Demande Vector)

Découverte de routes

- Envoi RREQ

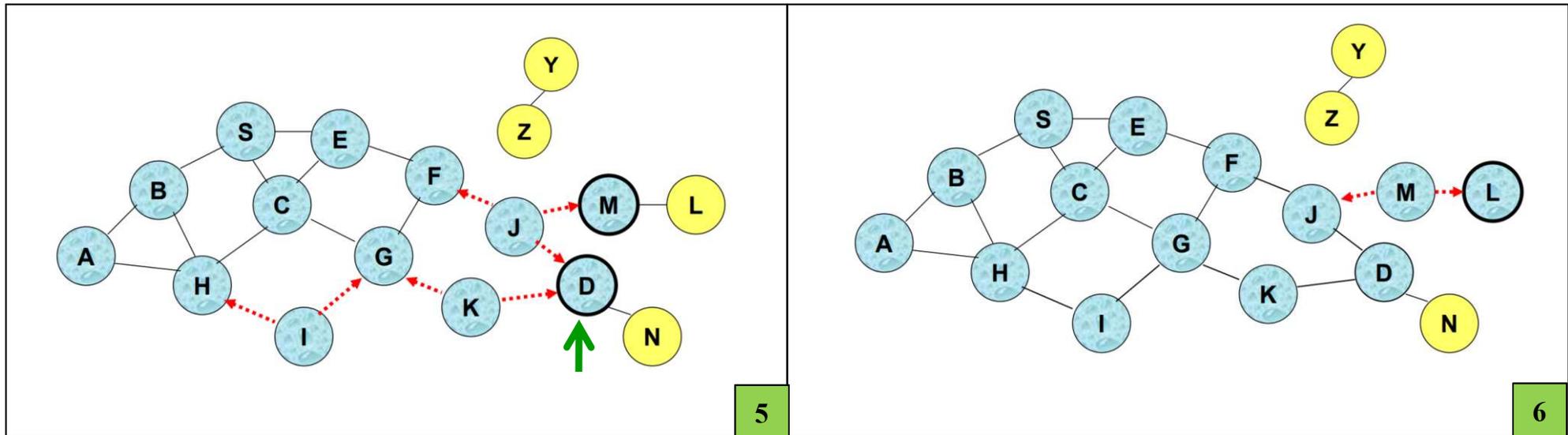


Routage dans les MANETs

Protocole AODV (Ad Hoc On Demande Vector)

Découverte de routes

- Envoi RREQ



- ✓ Simplicité.
- ✓ Efficacité dans la recherche de routes (possibilité d'acheminer les données par de multiple routes).
- ✗ surcharge du réseau.

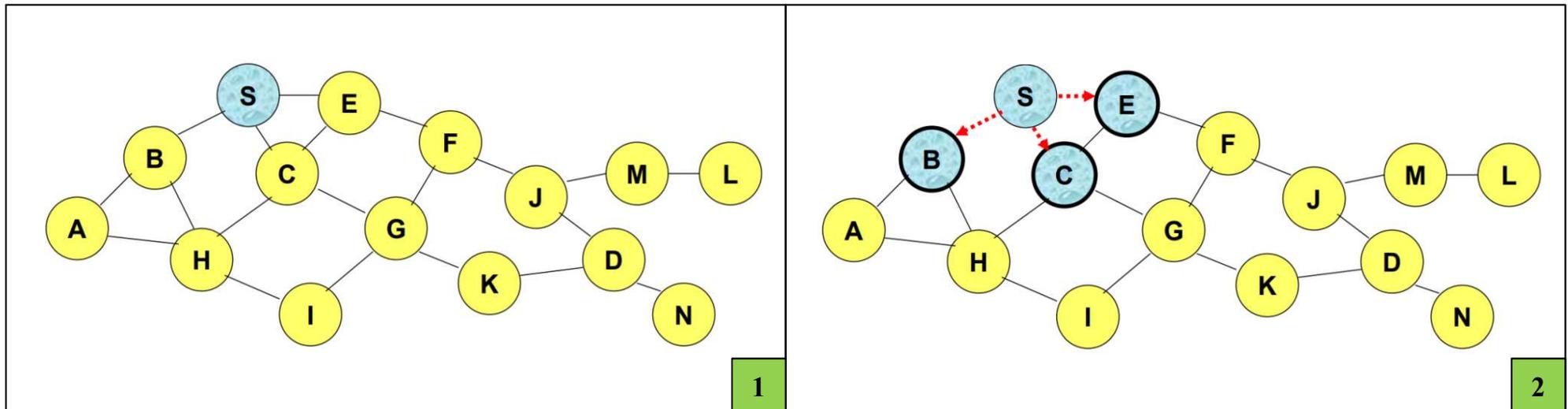
Routage dans les MANETs

Protocole AODV (Ad Hoc On Demande Vector)

Découverte de routes

- **Envoi RREP**

- Chaque nœud qui reçoit un RREQ établit une entrée de route inverse pour le nœud source dans sa table de routage.
 - En utilisant la route inverse, un nœud peut envoyer un RREP (Route Reply paquet) à la source.

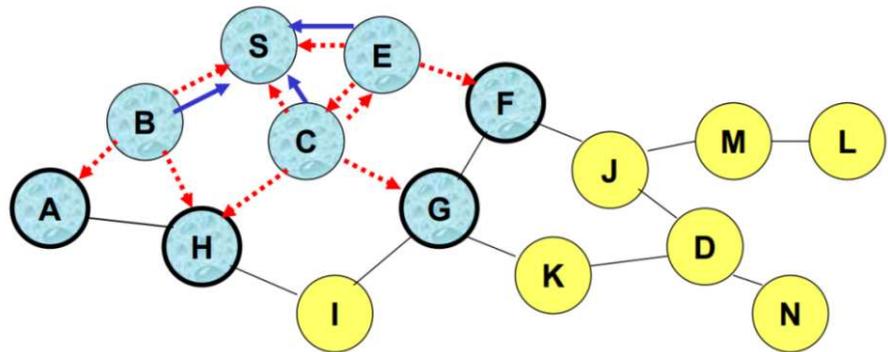


Routage dans les MANETs

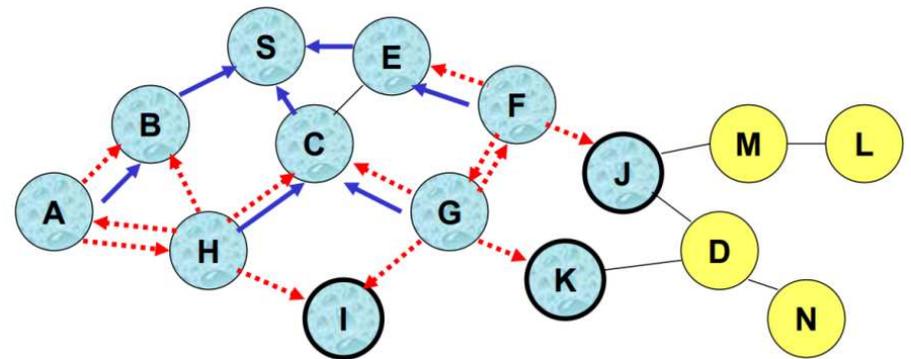
Protocole AODV (Ad Hoc On Demande Vector)

Découverte de routes

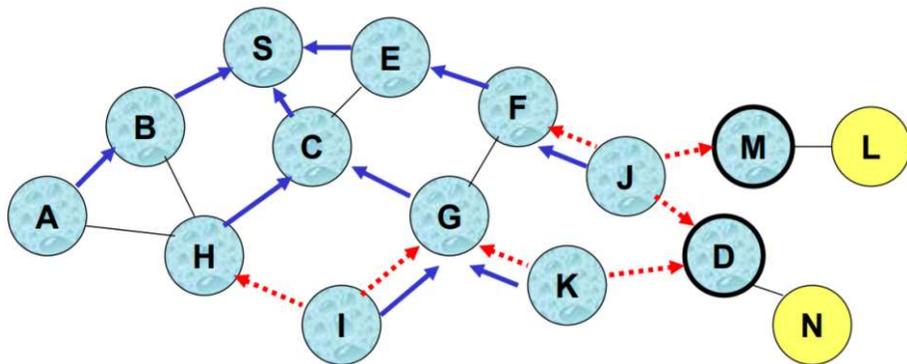
- Envoi RREP



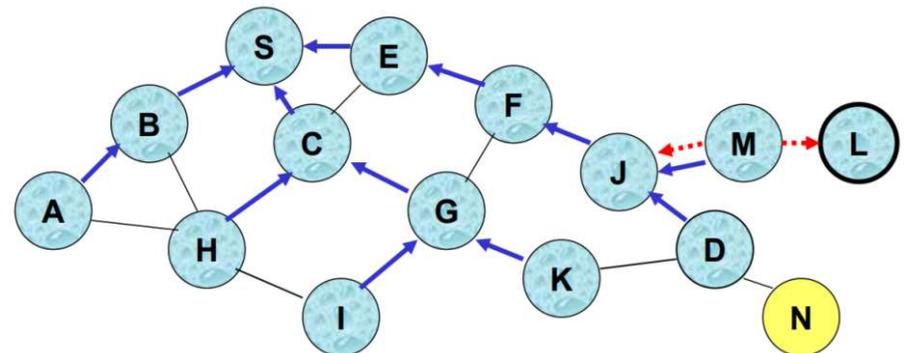
3



4



5



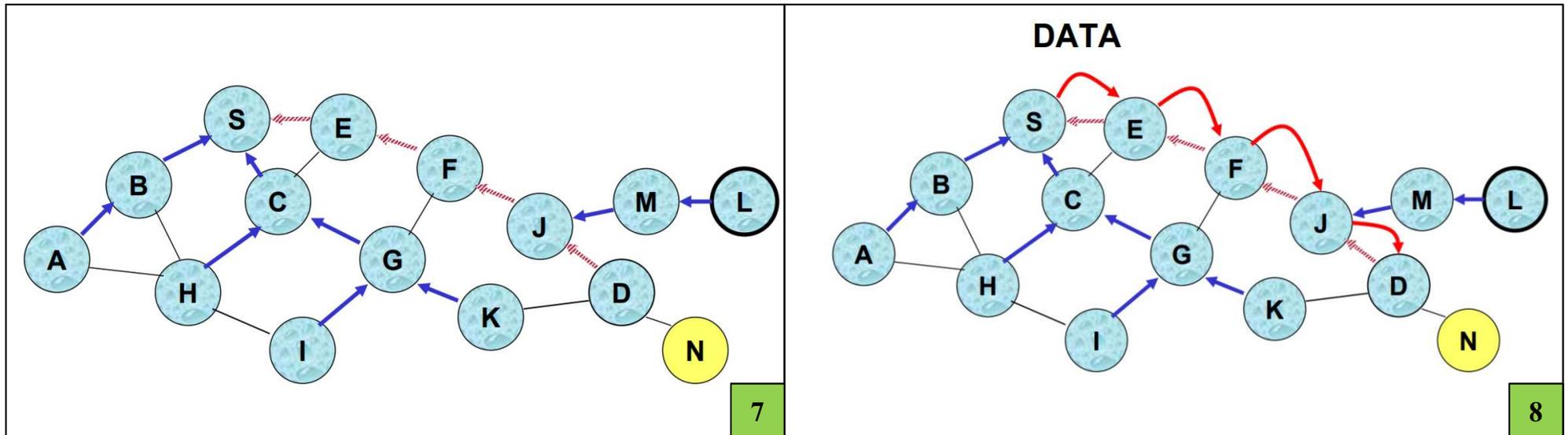
6

Routage dans les MANETs

Protocole AODV (Ad Hoc On Demande Vector)

Découverte de routes

- Envoi RREP



Routage dans les MANETs

Protocole AODV (Ad Hoc On Demande Vector)

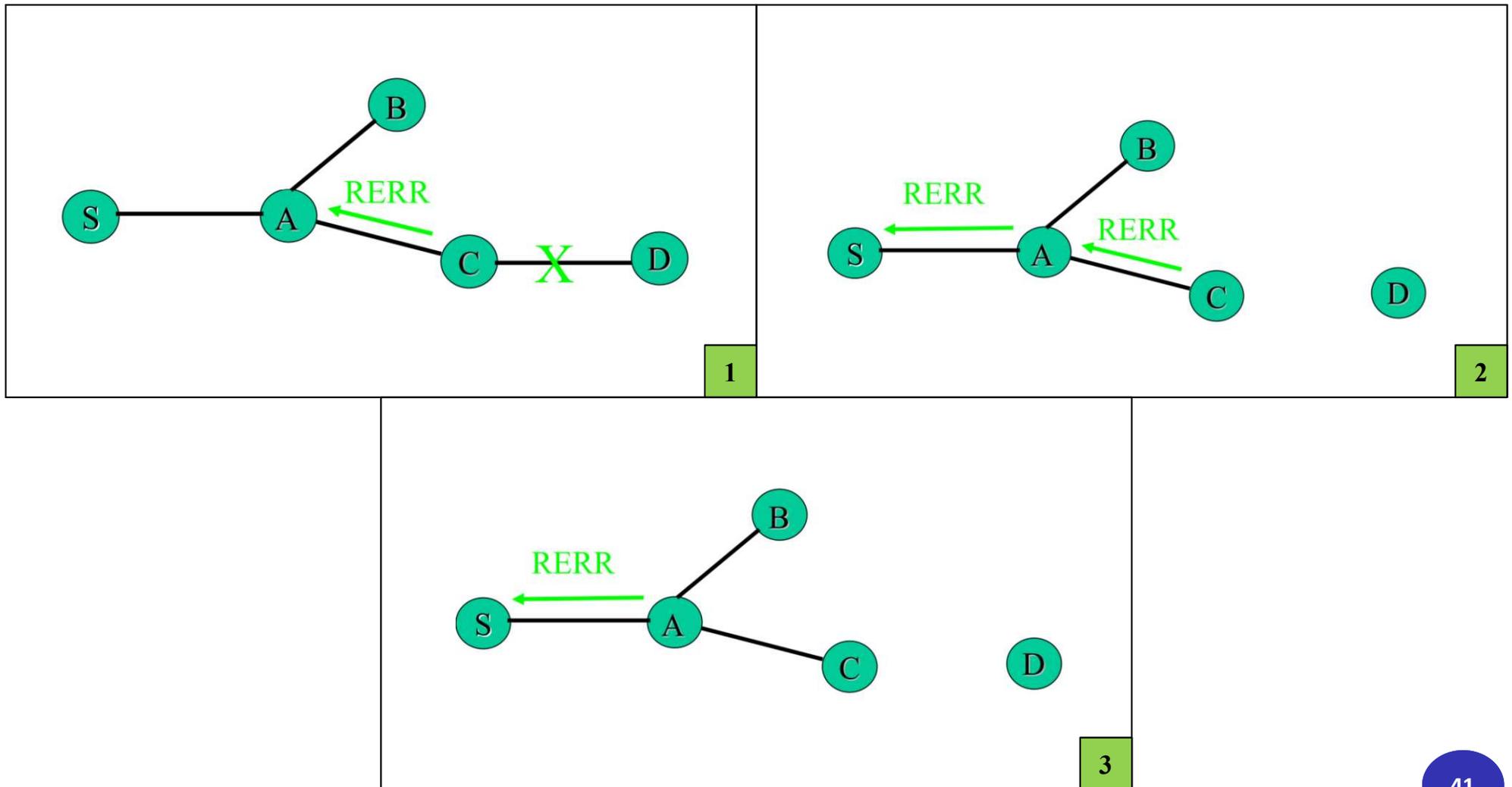
Maintenance de routes

- Une route est larguée de la table de routage après un délai d'expiration.
 - Maintenance des routes actives seulement.
 - Réduire les voies inutiles et le besoin d'entretien des routes.
- Si le nœud source se déplace, un nouveau processus de découverte de route est lancé.
- Si les nœuds intermédiaires ou la destination se déplacent alors:
 - Les liens du saut suivant se brisent, entraînant un échec de liaison.
 - Les tables de routage sont mises à jour pour les liens brisés.
 - Tous les voisins actifs sont informés par un message RERR – Route ERRor –
- RERR est initialisé par le nœud le plus proche de la source de la rupture.
- Un nœud reçoit un RERR, marque sa route vers la destination comme non valide (distance infinie)
- Le nœud source peut relancer la découverte de route à la réception d'un RERR.

Routage dans les MANETs

Protocole AODV (Ad Hoc On Demande Vector)

Maintenance de routes



Routage dans les MANETs

Protocole AODV (Ad Hoc On Demande Vector)

Propriétés

- Découverte des routes au fur et à mesure à chaque fois que cela est nécessaire.
 - Implémentation d'une seule route parmi plusieurs déterminées entre source - destination
 - Ne gère pas les routes de chaque nœud vers tous les autres.
- Les routes sont maintenues seulement si nécessaire.
- Chaque nœud maintient l'augmentation de son numéro de séquence.
- Chaque entrée de la table de routage contient, en plus de @ destination et @ de prochain saut, un numéro de séquence de destination et une durée de vie
 - Prévenir les boucles
 - Désigner les routes récentes.
- Mise à jour de la durée de vie à chaque fois que la route est utilisée.
 - Une route qui n'est pas utilisée pendant sa durée de vie -> elle expire.

Les réseaux de capteurs sans fil - **RCSF**

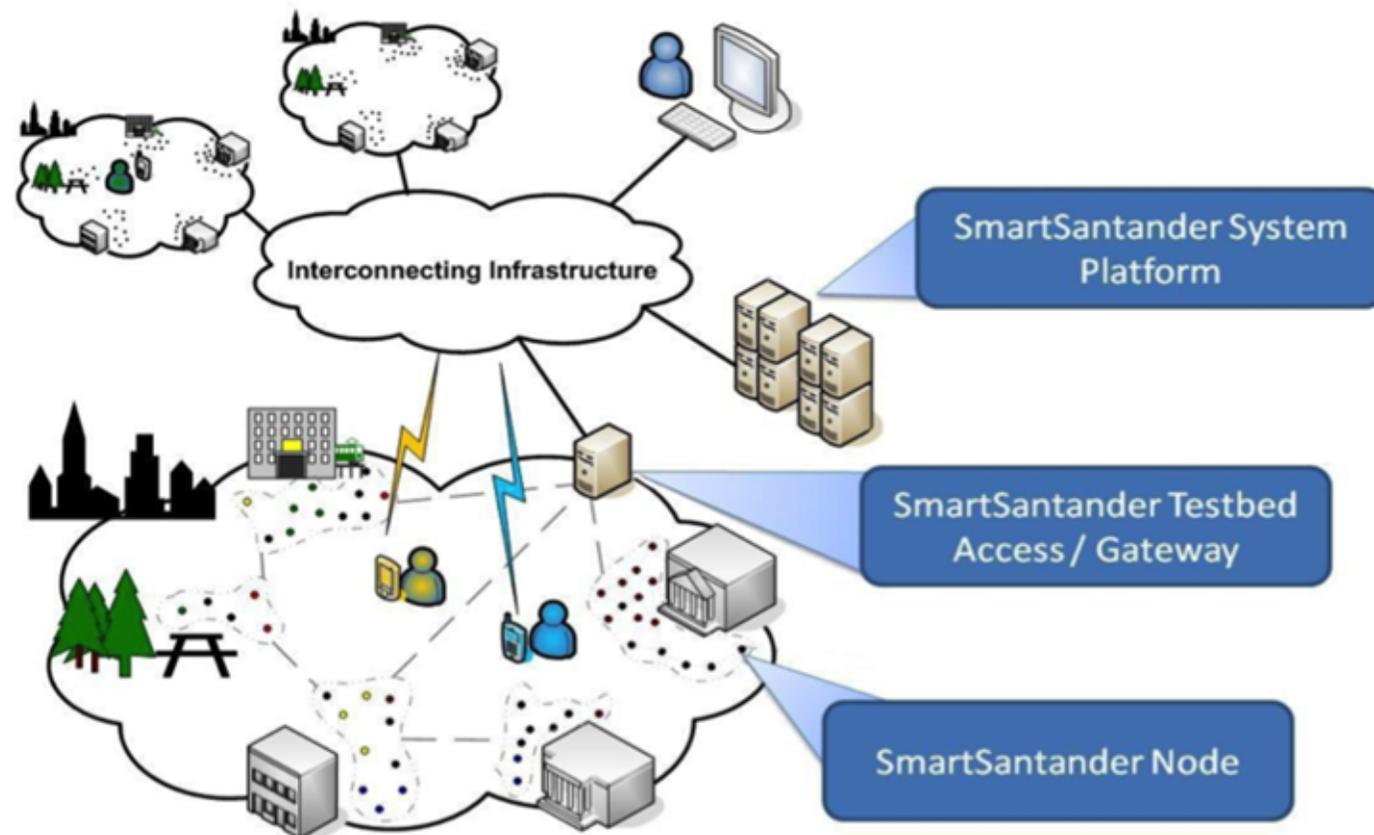
(Sensor networks)

- Un réseau de capteur ?
- Capteur
 - Définition
 - **Types de capteurs**
 - **Architecture d'un capteur**
- Applications des RCSF
- Fonctionnement des réseaux de capteurs (RCSF)
- Architectures des RCSF
 - **Architecture à plat**
 - **Architecture hiérarchique**
- Modèles de communication dans les RCSF

Les réseaux de capteurs

✚ Un réseau de capteur ?

- Un ensemble de capteurs autonomes à faible coût, interconnectés par un réseau de communications.
- Mesures et surveiller certains paramètres dans une certaine zone géographique.



Capteur

- Un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable.
- Capable de surveiller une grande variété de paramètres:
 - Température,
 - Humidité,
 - Le mouvement des véhicules,
 - Les conditions d'éclairage,
 - La pression,
 - Le niveau de bruit,
 - Taille, présence et absence des objets
 - La vitesse, accélération, direction, etc.
- Taille extrêmement réduite.
- Ressources très limité.
- capables de traiter des informations et de les transmettre, via les ondes radio
 - Distance de transmission limitée à quelques mètres.
- Autonomes (leur durée de vie est donc la durée de vie de leur batterie).

Le facteur énergie est au centre de toutes les préoccupations sur les capteurs

- protocoles de routage "économiques", technologie sans fil adaptée, etc.

Capteur



CAPTEUR DE FLAMME



PRESSION/ALTITUDE



CAPTEUR DE SON



ACCÉLÉROMÈTRE



CAPTEUR DE FLEXION



CAPTEUR DE PETITES VIBRATIONS



THERMOMÈTRE INFRAROUGE



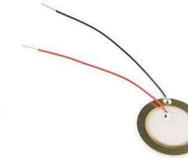
CAPTEUR LUMIÈRE RGB



CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE



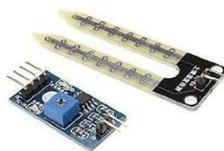
DETECTEUR D'OBSTACLE



CAPTEUR PIÉZOÉLECTRIQUE



CAPTEUR DE MOUVEMENT PIR



CAPTEUR D'HUMIDITÉ DES SOLS



CAPTEUR UV



CAPTEURS DE GAZ



CAPTEUR TILT



CAPTEUR IR "SUIVEUR DE LIGNE"



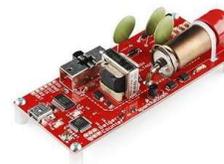
CAPTEUR ULTRASON



THERMISTOR



CAPTEUR DE PLUIE



COMPTEUR GEGER



CAPTEUR D'ANGLE



CELLULE DE CHARGE



CAPTEUR EFFET HALL

Capteur

Types de capteurs

◆ Passif et omnidirectionnel

- Thermomètre, lumière, vibration, microphone, humidité, stress mécanique, détecteur chimique, détecteur de fumée, pression de l'air.

◆ Passif et directionnel

- Antenne Rf, photographie

◆ Actif

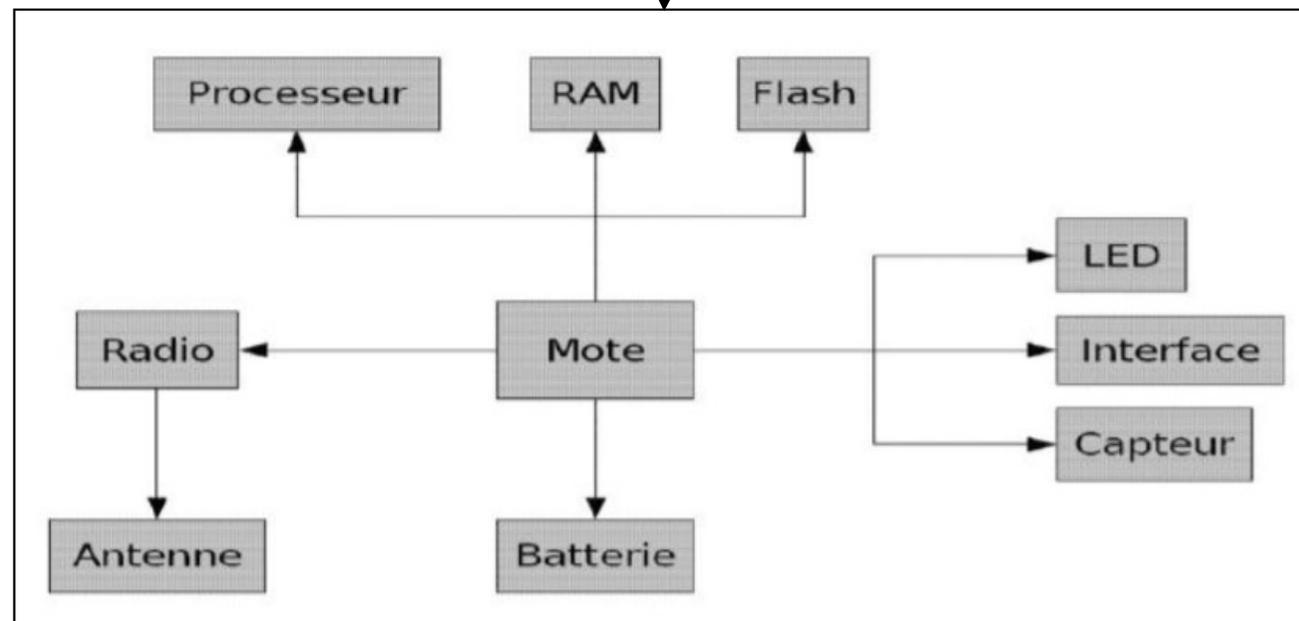
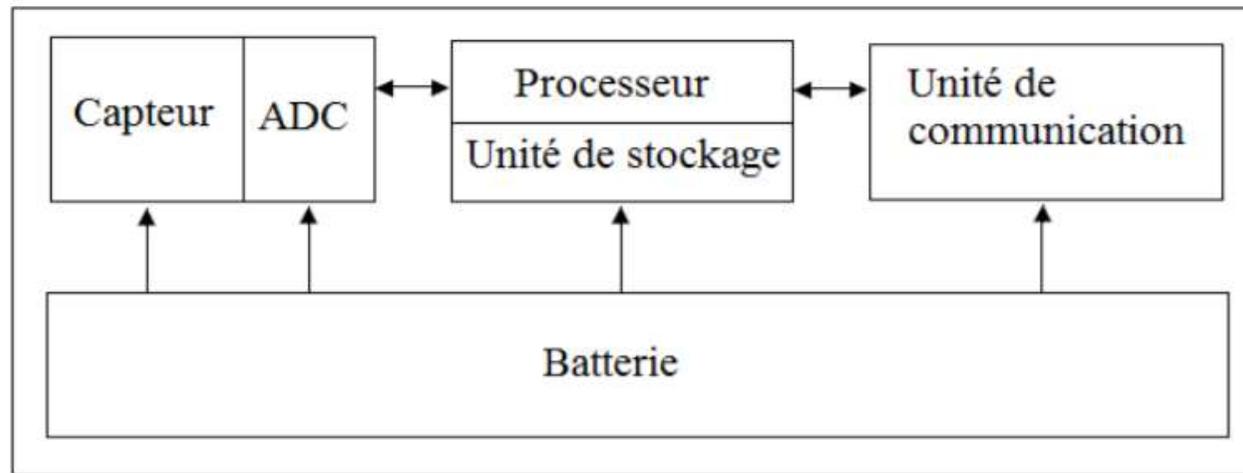
- Sonar, radar

◆ Actionneurs

- Ouverture ou fermeture d'un commutateur, d'un relai.
- Actionner un moteur, une lampe électrique.

Capteur

Architecture d'un capteur



Capteur

Architecture d'un capteur

Unité de traitement

- Composée de: mote (carte physique utilisant le système d'exploitation), processeur, RAM et Flash.
- Chargée du calcul, stockage des données et exécution des protocoles de communications.
- Fonctionne à l'aide d'un système d'exploitation spécial (ex. TinyOS).



Unité de communication (transmission)

- Composée d'un Radio et antenne (type optique ou radiofréquence).
- Effectue les émissions et réceptions des données sur un medium sans fil.

Unités de captage (acquisition)

- Composé des capteurs et des ADC - Analog Digital Converter.
- Les capteurs obtiennent des mesures analogiques.
- ADC convertissent ces signaux en signaux numériques.

Unités de control d'énergie

- Batterie
- Système de gestion des rechargement d'énergie à partir des cellules solaires.

Applications des RCSF



(a): Application médicale



(b): Application industrielle



(c): Détection de feu de forêt



(d): Surveillance de l'environnement



(e): Supervision écologique



(f): Application militaire



(g): Maison intelligente

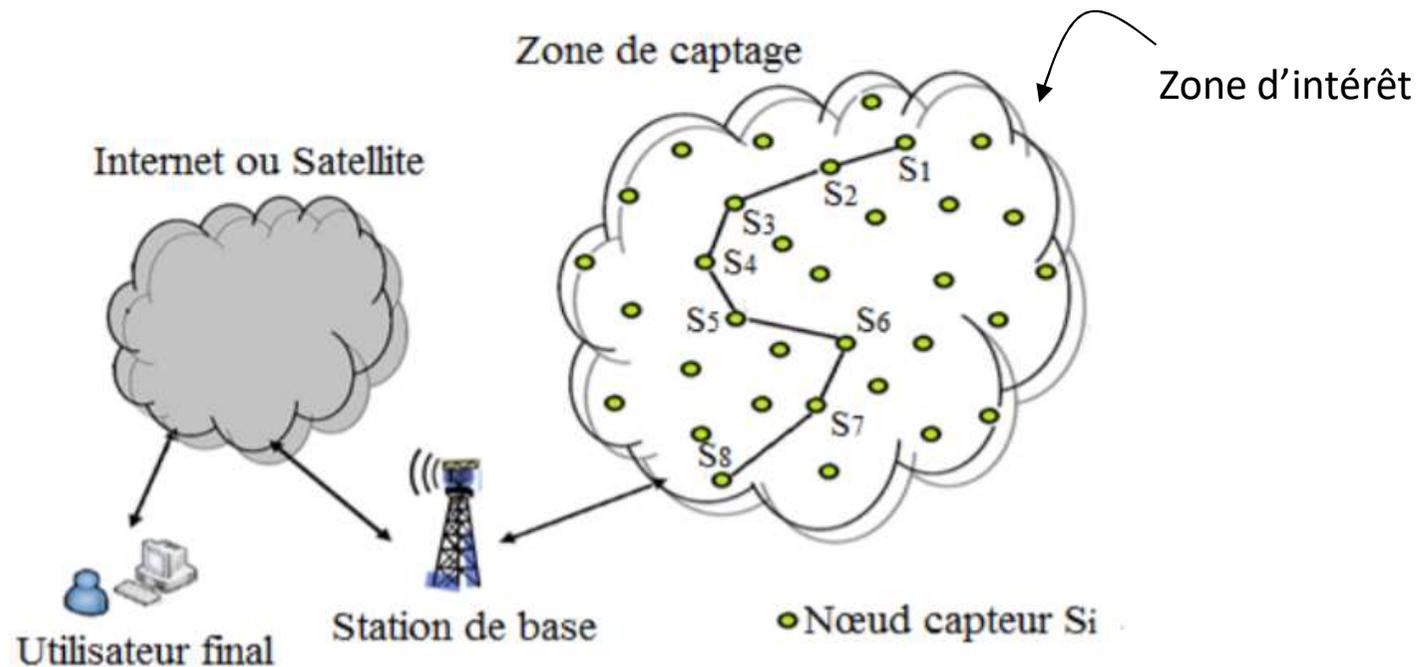


(h): Supervision de structures



(i): Agriculture intelligente

Fonctionnement des réseaux de capteurs (RCSF)



- Un ensemble de noeuds capteurs.
 - Chacun a la capacité de collecter des données et de les transférer à la **station de base** (ou nœud passerelle, ou puits « Sink ») par l'intermédiaire d'une **architecture multi-sauts**.
- La station de base ou puits transmet les données par **Internet ou par satellite** à l'ordinateur central «Gestionnaire de tâches».

Architectures des RCSF

- Structure de connexion des capteurs qui définit techniques utilisées pour la transmission des données capturées des capteurs vers la station de base:
- Deux types d'architectures existent:

Architecture à plat

- Tout nœud capteur peut communiquer directement avec le centre de traitement
 - en utilisant une forte puissance d'émission.
 - Consommation énergétique du nœud importante.
 - par l'intermédiaire d'une communication multi-sauts
 - utilisation d'une puissance d'émission beaucoup plus faible au niveau du capteur, mais importante dans l'ensemble du réseau (autres nœuds participent au routage).
 - La plus utilisée.
 - La possibilité de passage à l'échelle.
 - une latence plus importante causée par les passages des messages par plusieurs relais multi-sauts avant d'arriver à destination.

Architectures des RCSF

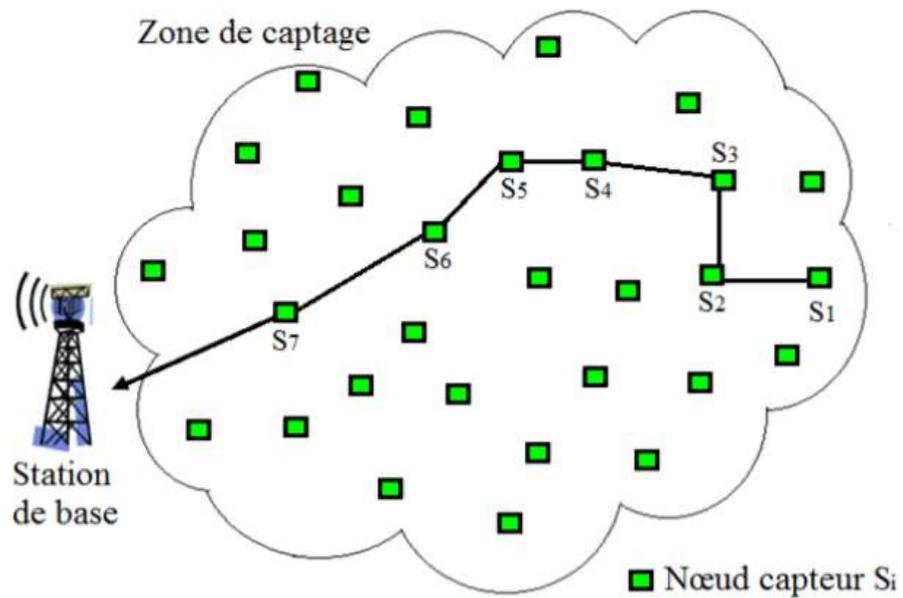
Architecture hiérarchique

- Le réseau est partitionné en clusters.
- Un nœud “CH : Cluster Head” est élu et représente tous les nœuds de son cluster.
- Un nœud non CH ne peut pas envoyer directement ses données capturées à la station de base.
 - Il les envoie à son CH qui à son tour les envoyer à la station de base.
- Les CH agrègent les données reçues de plusieurs sources avant de les envoyer à la station de base.

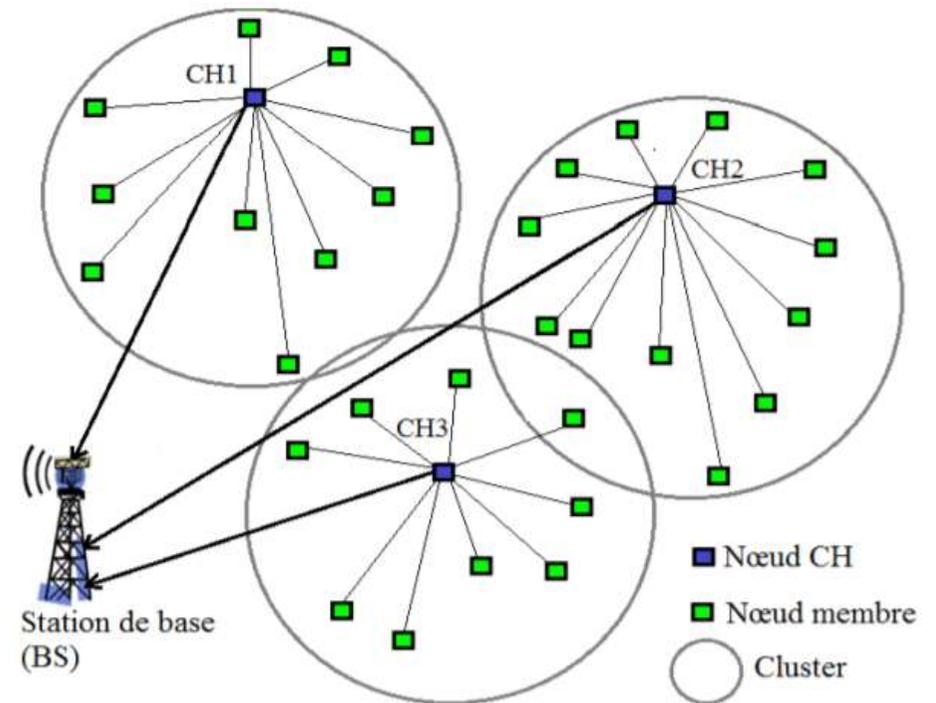
Avantages & Inconvénients

- ✓ Faible consommation énergétique surtout pour les nœuds capteurs non CH.
- ✓ Une latence plus faible entre les CH et la station de base (envoi directe des données).
- ✓ Chaque CH constitue un point de défaillance unique.
- ✗ Echange de beaucoup de messages de signalisations pour l'élection et la maintenance des CH.

Architectures des RCSF



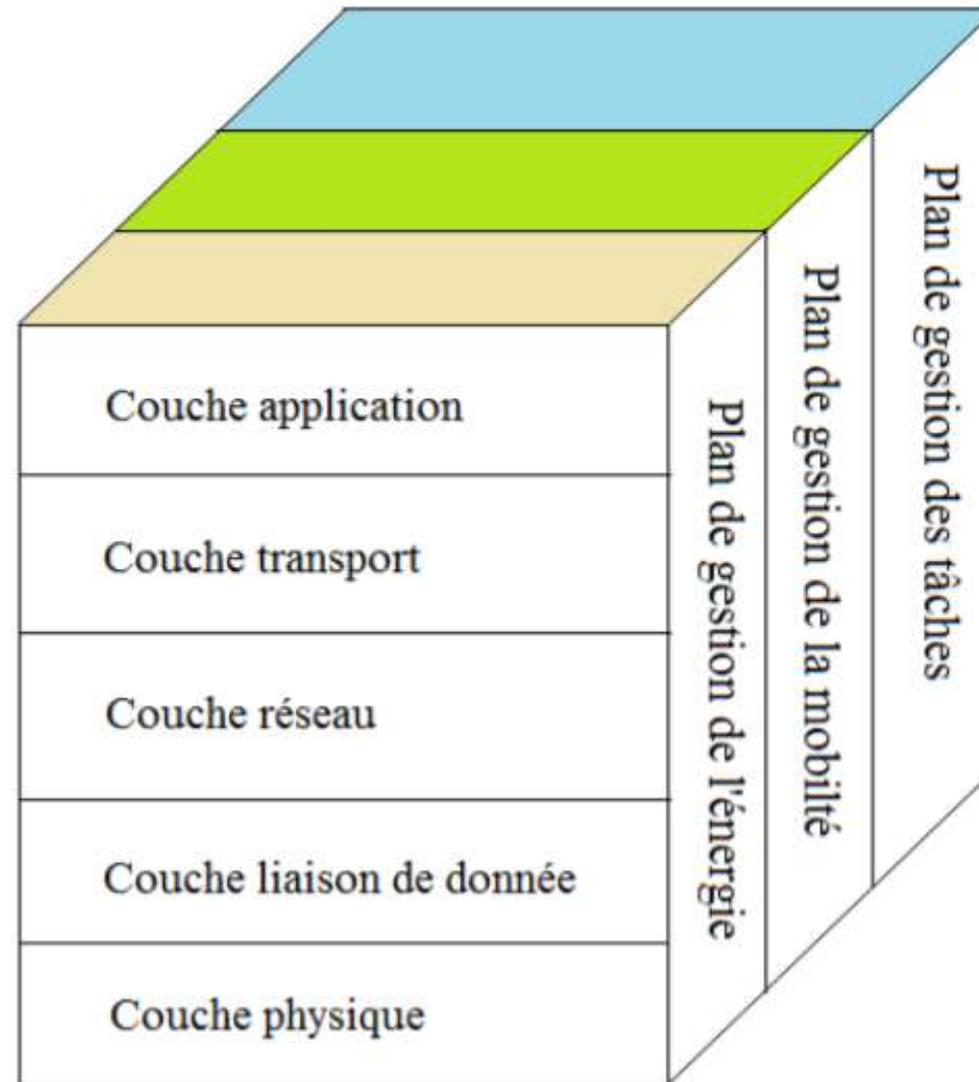
Architecture à plat



Architecture hiérarchique

Modèles de communication dans les RCSF

- Principe de communication en couches



Modèles de communication dans les RCSF

La couche physique

- spécifie les caractéristiques matérielles.
- les techniques de modulation
- la détection de porteuse, conversion numériques, analogiques, optiques, etc.

La couche liaison de donnée

- gérer la liaison point à point et multipoint dans le réseau.
 - gérer l'accès au support physique (en évitant les collisions)
- contrôler la liaison logique entre deux capteurs directement connectés (contrôle d'erreurs).

La couche réseau

- router les données de façon fiable et efficace (énergie) jusqu'à la station de base.

La couche transport

- Le transport fiable des données et du contrôle de flux.
- Division au niveau de la source (et ré-ordonnancement au niveau du récepteur).

La couche application

- L'interfaçage avec les applications utilisateurs (agrégation des données avant le transfert)

Modèles de communication dans les RCSF

La couche de gestion de l'énergie

- contrôle l'utilisation de la batterie.
 - Ex. économiser l'énergie en éteignant le module radio après la réception d'un message.
- Diffusion d'une alerte aux nœuds voisins si le niveau d'énergie < un seuil donné.
 - L'énergie résiduelle pourra être réservée pour d'autres fonctions (ex. captage).

La couche de gestion de la mobilité

- détecter et enregistrer le mouvement d'un nœud capteur dans la zone d'intérêt.
 - le nœud peut garder des traces sur l'ensemble de ses nœuds voisins.

La couche de gestion des tâches

- L'ordonnancement des différentes tâches de captage des données dans la zone surveillée.
 - Dans un déploiement dense où les champs de captages sont souvent redondants, pas tous les nœuds effectuent en même temps la même tâche (des nœuds se mettent en mode éteint afin de sauvegarder leur énergie).

Modèles de communication dans les RCSF

Problème!

Les normes de réseaux sans fil (WLAN) ne sont pas appropriés aux applications des RCSF.

- la complexité.
- le coût élevé et la consommation énergie non contrôlée.

Solution

Des normes adapté aux systèmes sans fil qui ont de faibles capacités sont à développer.

- un coût réduit et une basse consommation énergétique.