

Les réseaux mobiles ad hoc

Projet I2
Option GI-RT

- Jeudi 7 Avril -

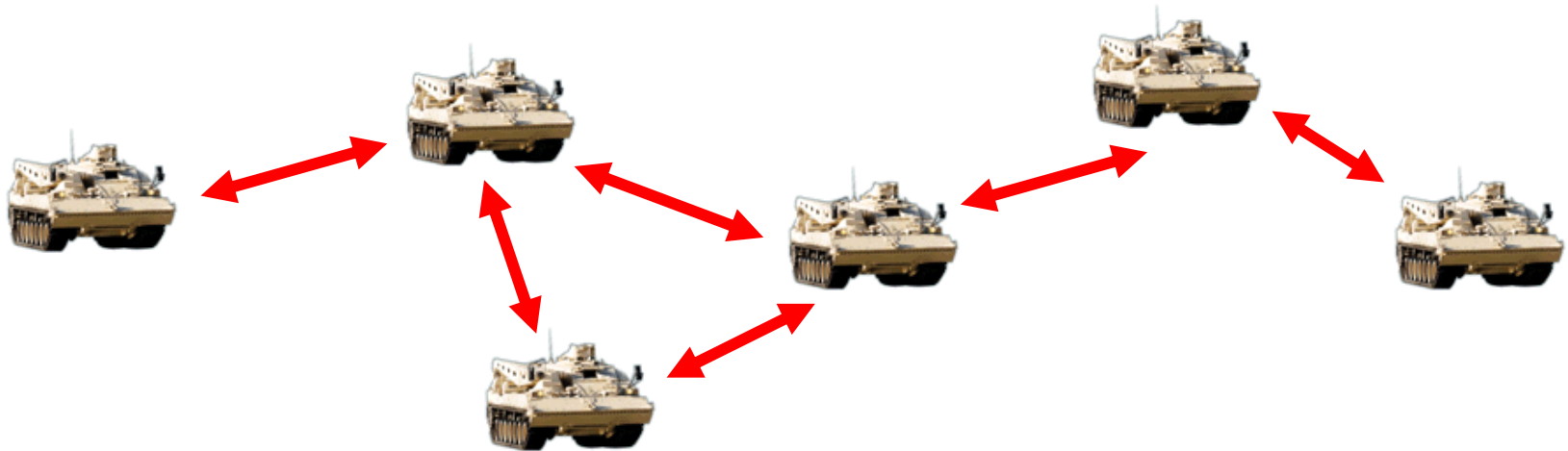


- Contexte et définition des réseaux mobiles ad hoc
- Le routage dans les MANet
 - Le routage par inondation
 - Le routage réactif
 - DSR (Dynamic Source Routing)
 - Le routage proactif
 - OLSR : Optimized Link State Routing.

Sources : Présentations INRIA Projet Hipercom – Ph. Jaquet

- Contexte et définition des réseaux mobiles ad hoc

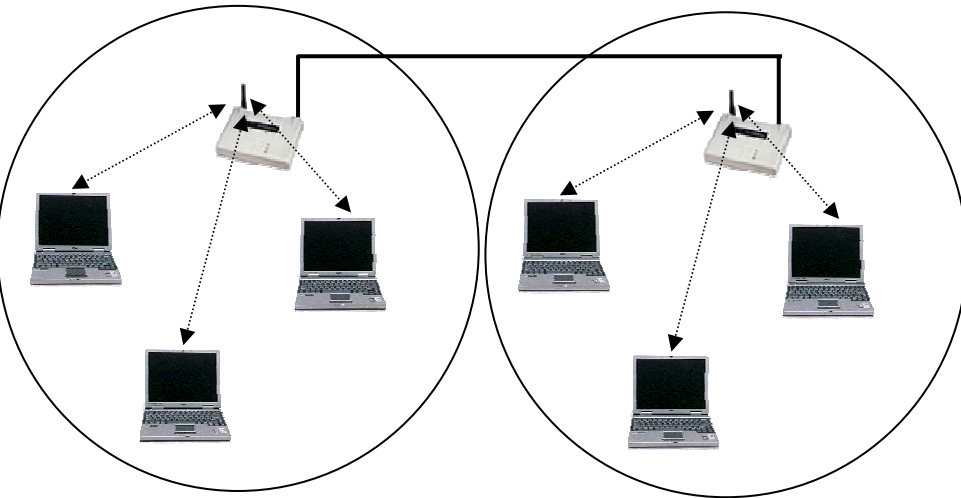
- **MANet** sont des réseaux sans fil créés par une réunion de mobiles sans l'aide d'infrastructure pré-existante [rfc 2501]
- Origine : application militaire
 - « Réseaux de combats »



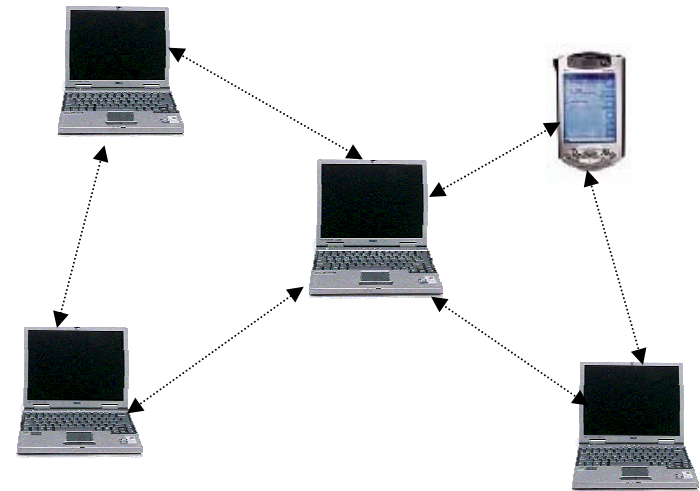
Chaque nœud est un routeur mobile

- Possible grâce à l'émergence des communications radio pour « bon marché »
 - Norme(s) IEEE 802.11
 - Standard Bluetooth

Mode Infrastructure

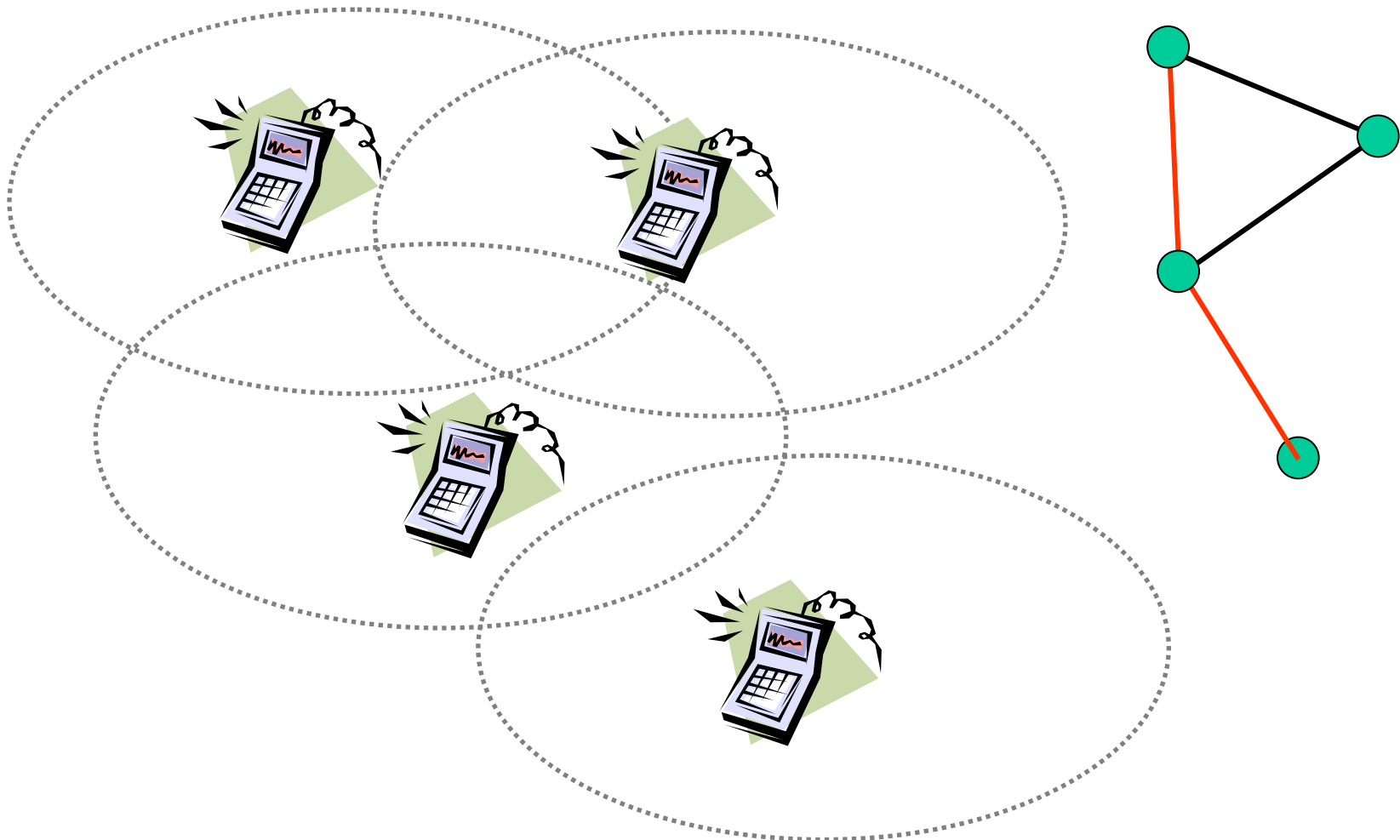


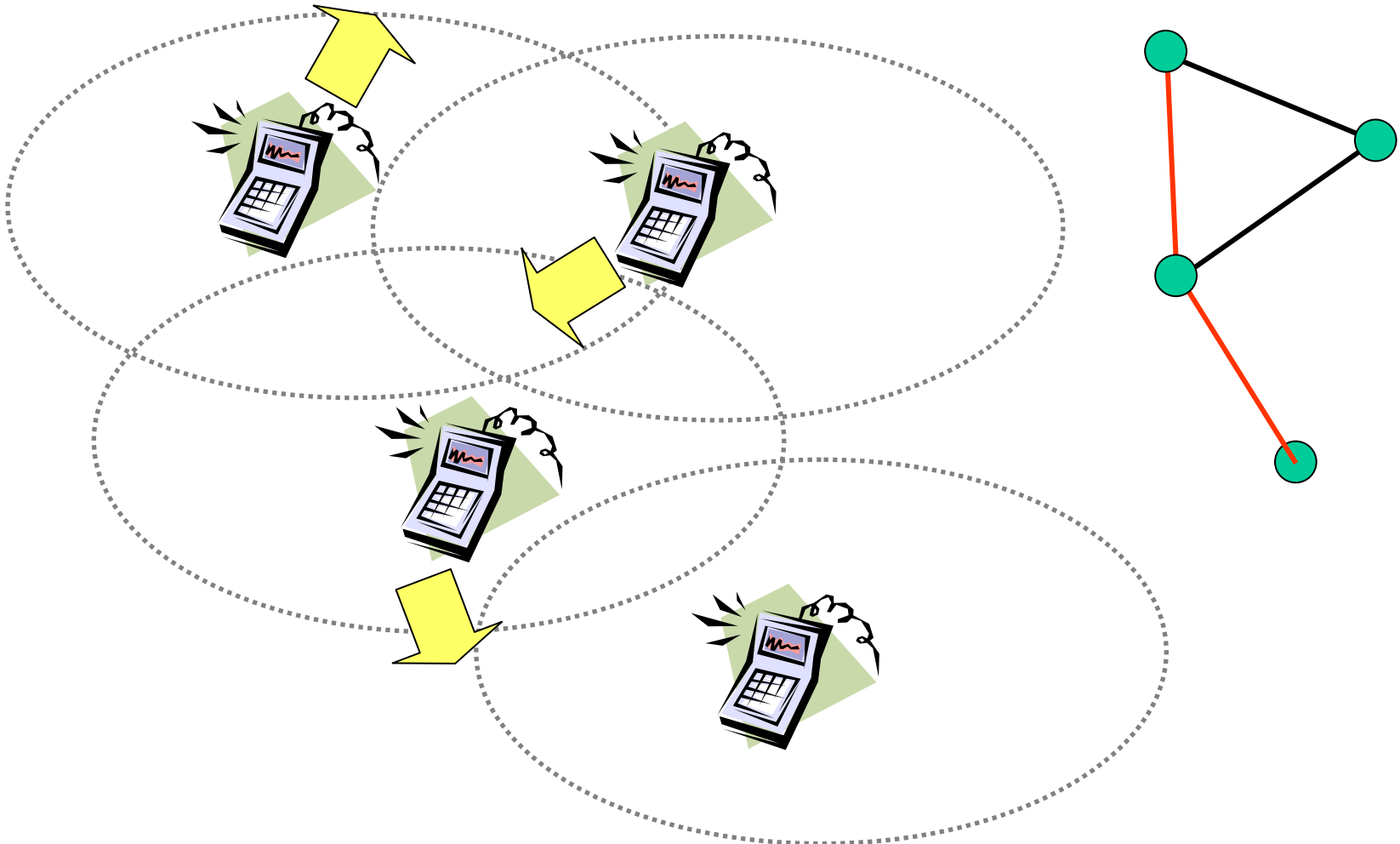
Mode Ad Hoc

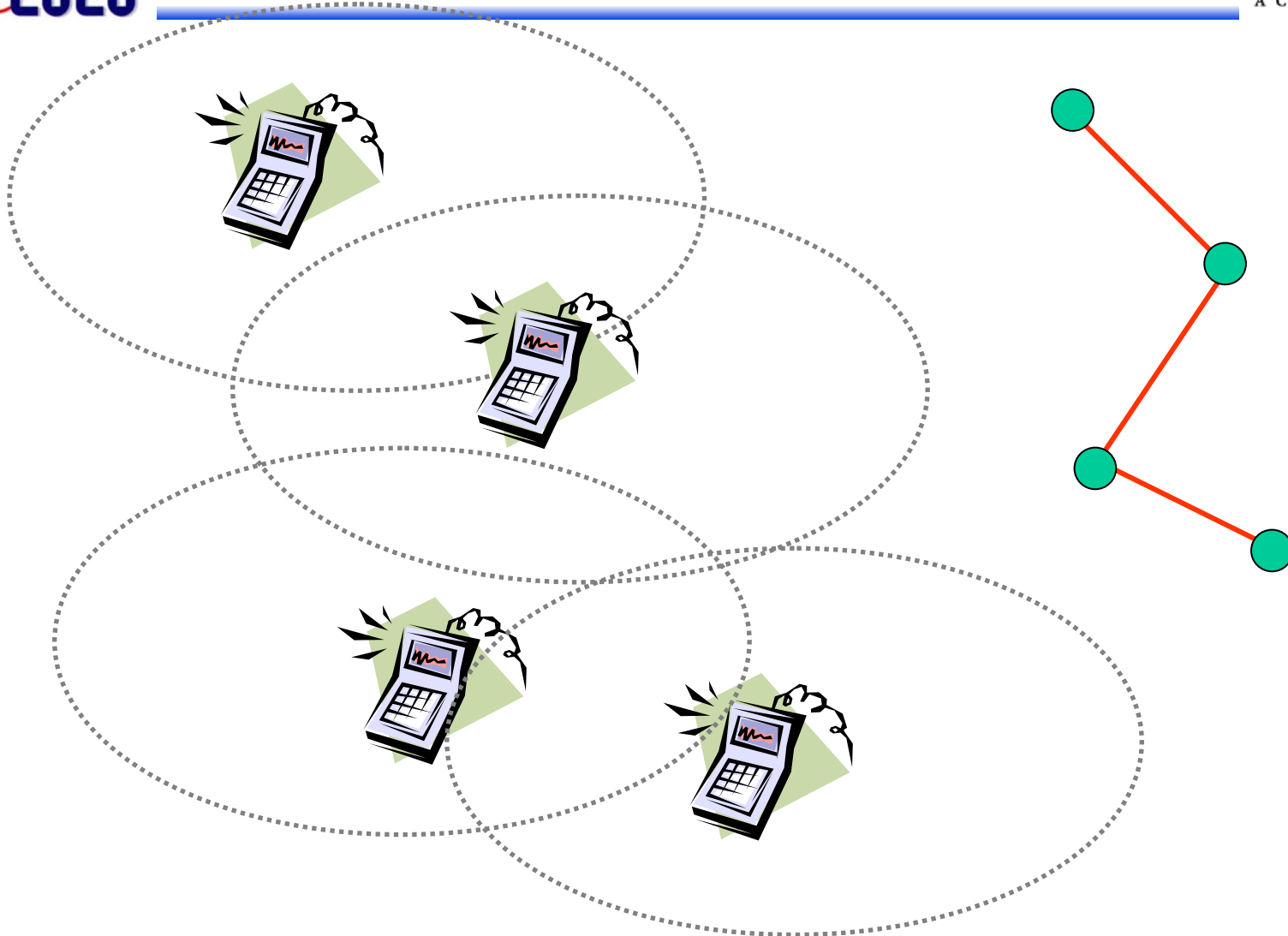


- Les liens ne sont pas isolés
- Les propagations sont versatiles
- Des zones d'interférence étendues
- Les nœuds sont mobiles

OBJECTIF : routage adapté au contexte







■ Capacités des nœuds

■ Identiques ou variées :

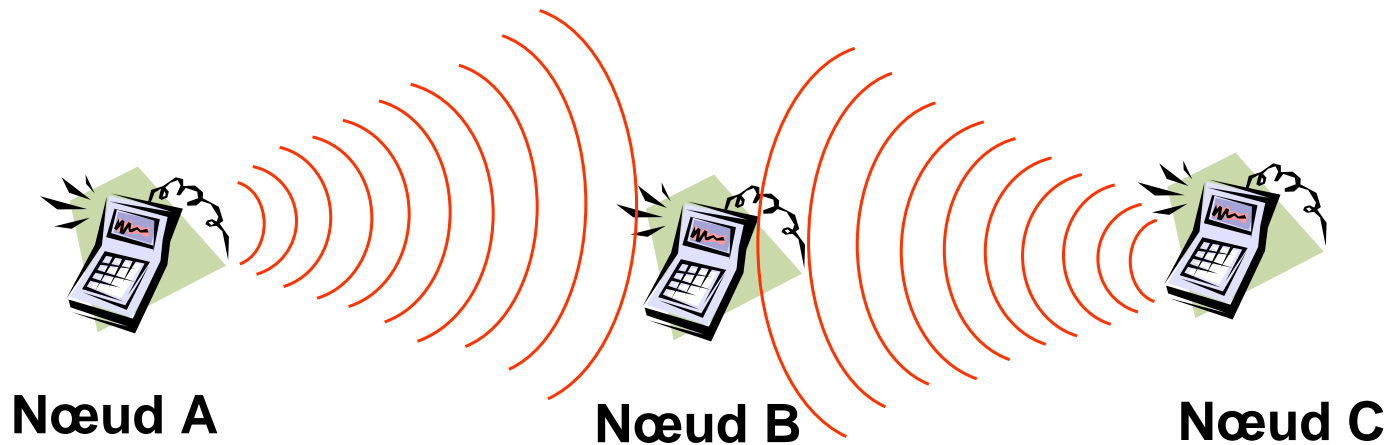
- Batterie, puissance de calcul, portée radio, vitesse de déplacement etc...

■ Responsabilités des nœuds

■ Uniformes ou non :

- Tout les nœuds participent au « routage » des paquets
- Certains nœuds sont leader et ont un rôle particulier

- Radio transmission de courte portée (WiFi)
- Médium naturellement diffusant
 - Problème de la station cachée
- Pertes de paquets dues aux erreurs de transmission
- Mobilité induisant une topologie dynamique
- Mobilité induisant encore des pertes de paquets
- Batterie de durée limitée
- Partition possible du réseau
- Brouillage intentionnel et écoute abusive



Les nœuds A et C supposent que le médium est libre.

S'ils transmettent tout les deux, il y a collision au niveau du nœud B !

- Contexte des réseaux mobiles ad hoc
- Le routage dans les MANet

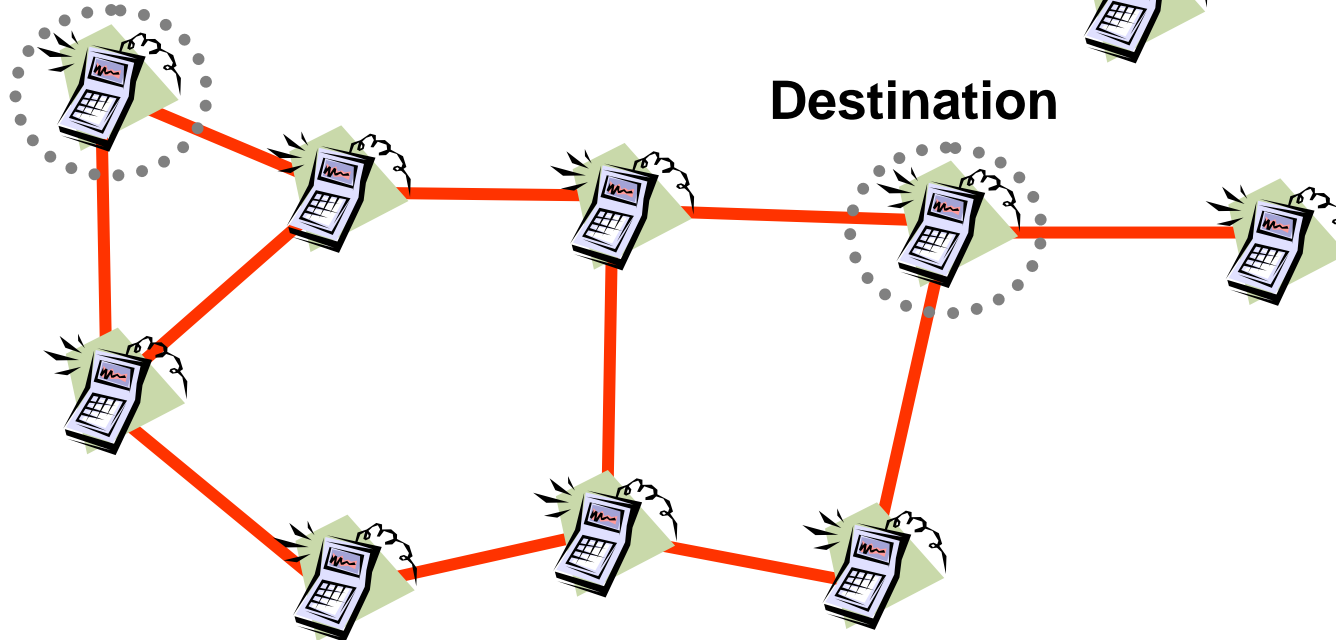
- **Nombreux protocoles proposés**
 - Nouveaux ou
 - Adaptations de protocoles pour réseaux fixes
- **Deux familles**
 - Réactif : recherche les informations sur les routes seulement lorsque que la route est demandée.
 - Proactif : maintient en permanence une vision (éventuellement partielle) de l'état du réseau ad hoc
 - Hybrides

- Contexte des réseaux mobiles ad hoc
- Le routage dans les MANet

- Contexte des réseaux mobiles ad hoc
- Le routage dans les MANet
 - Le routage par inondation

- Lorsqu'un nœud désire transmettre un paquet à une destination
 - Il le transmet à tous ses voisins
 - Si un noeud reçoit un paquet qui ne lui est pas destiné, il le retransmet à tous ses voisins
 - L'utilisation d'un numéro de séquence évite de retransmettre plusieurs fois le même paquet

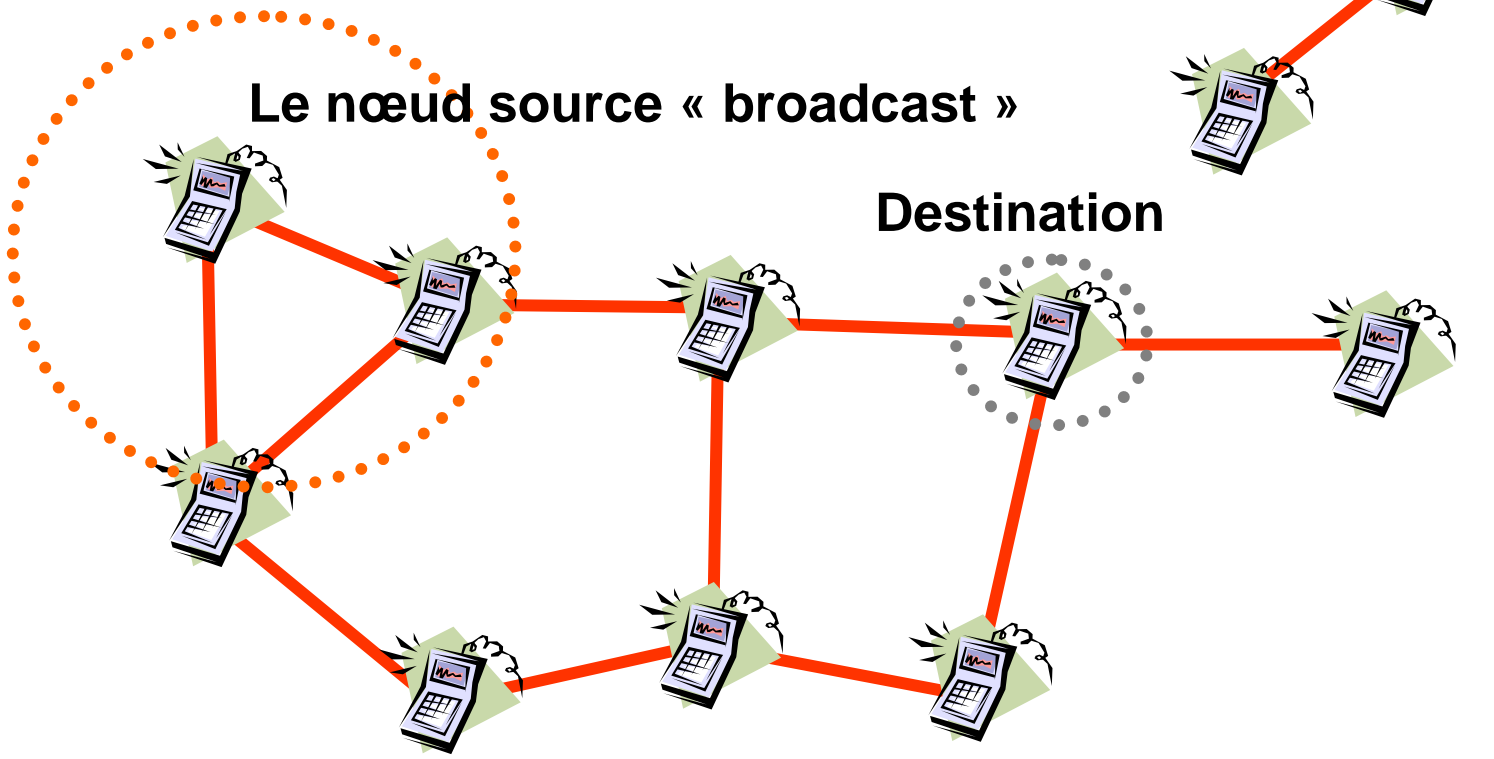
Source



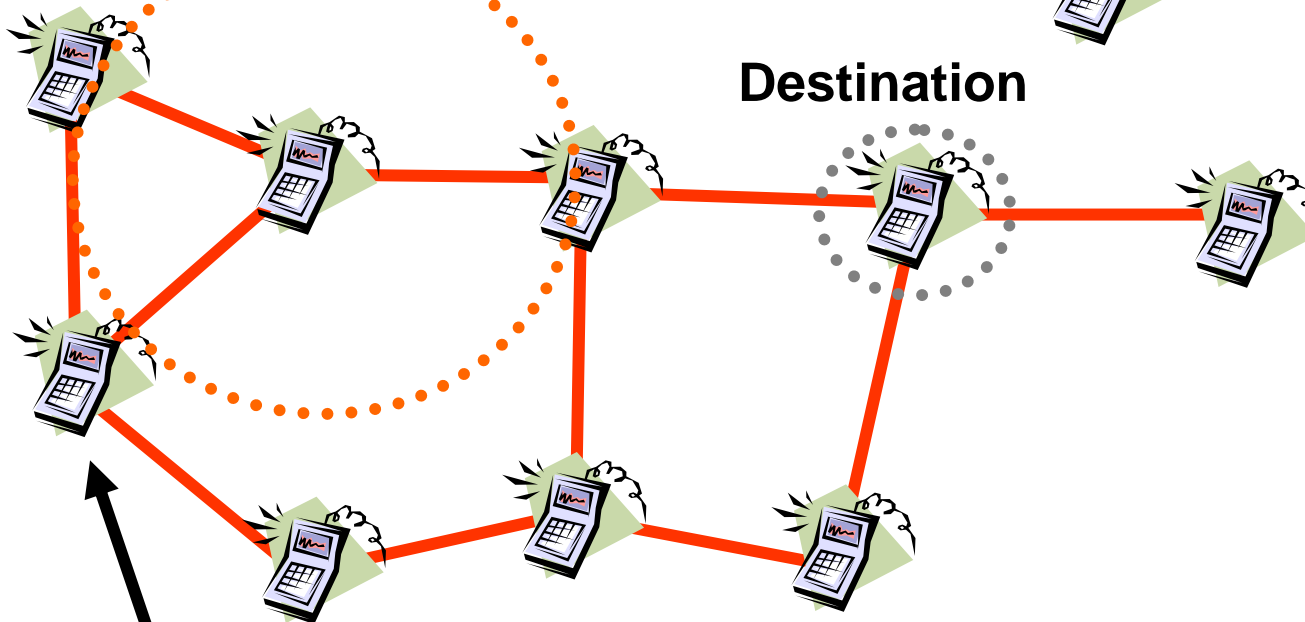
Destination

Le nœud source « broadcast »

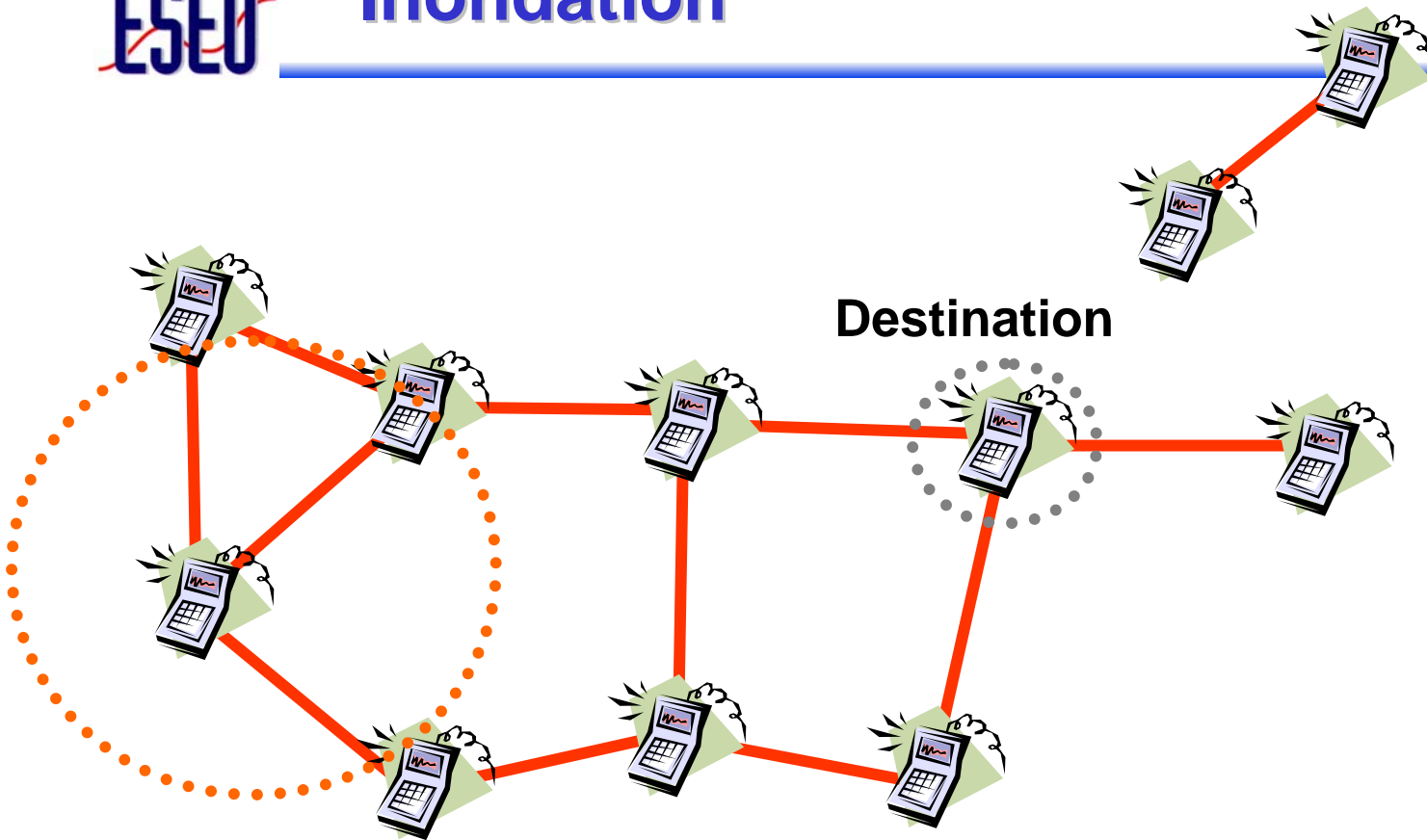
Destination



L'un des voisins de la source retransmet

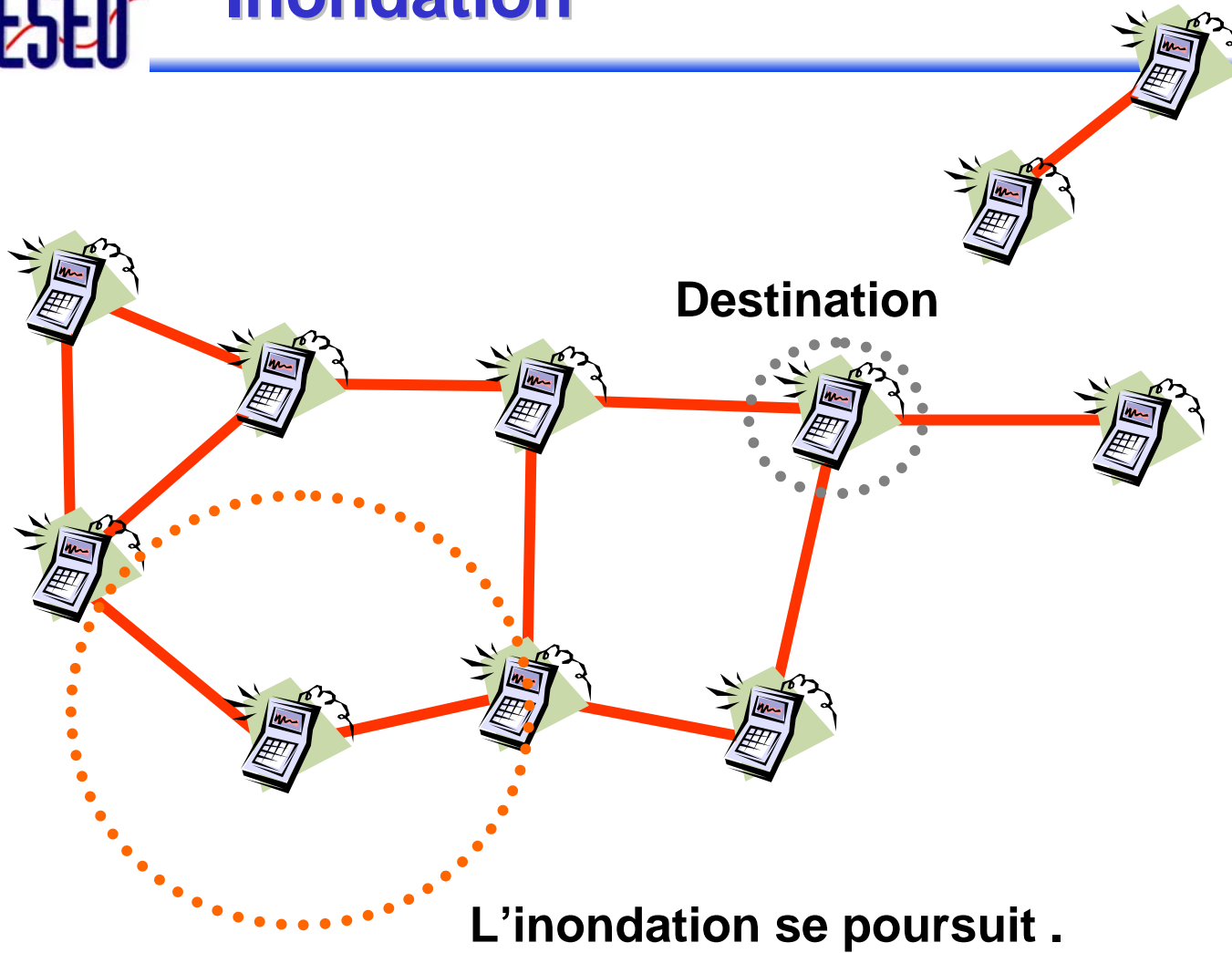


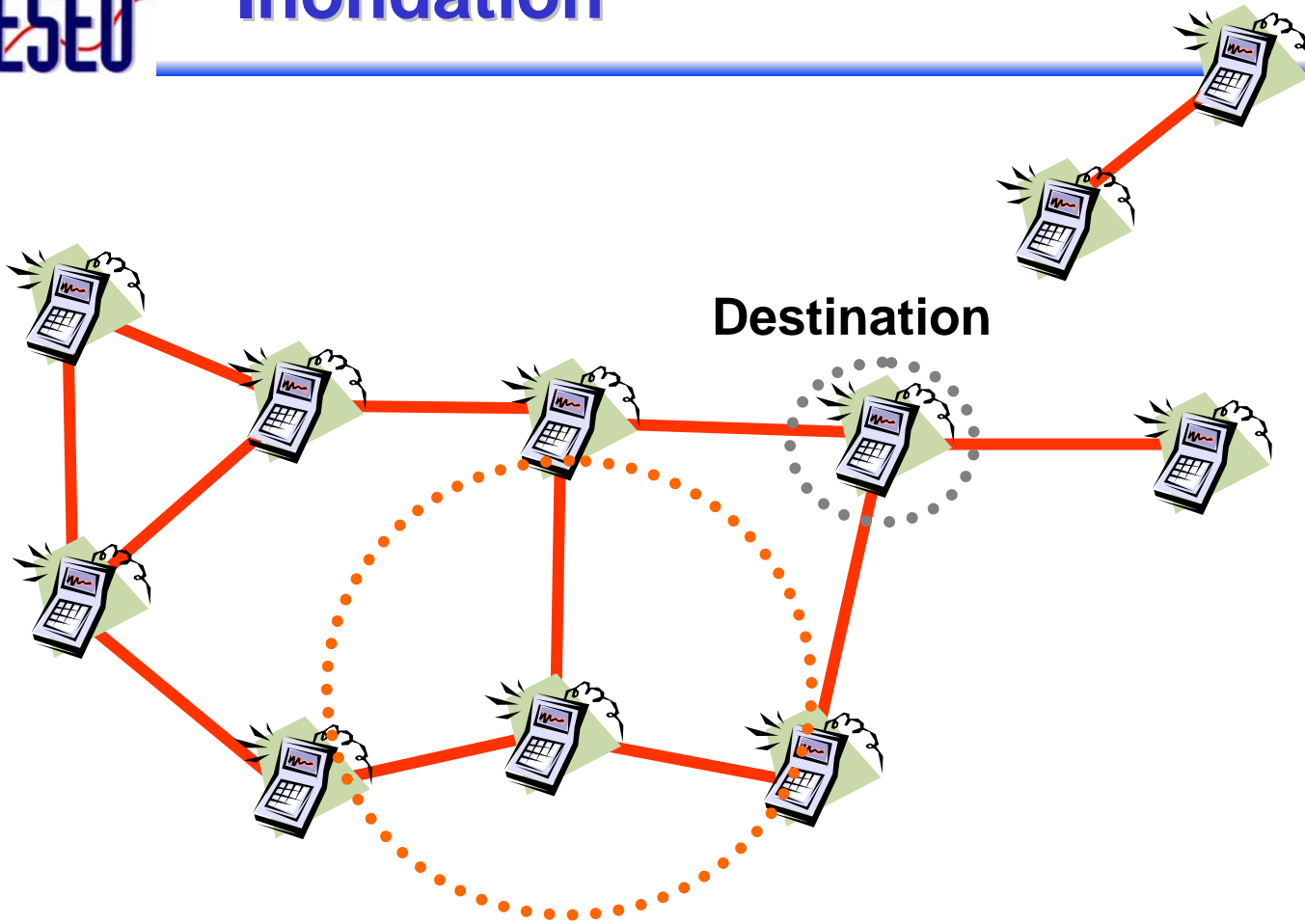
Ce nœud a déjà reçu ce paquet



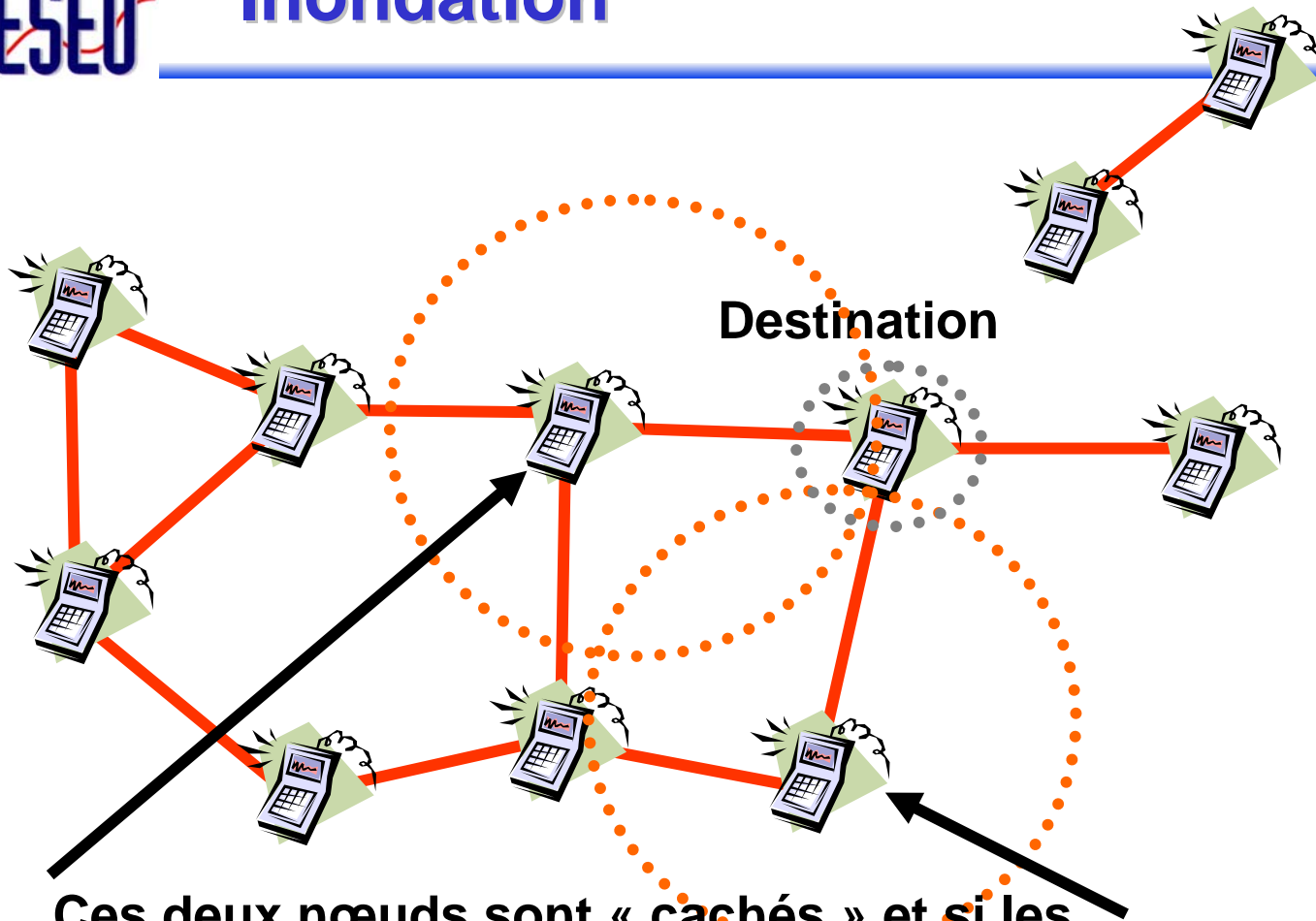
Destination

L'inondation se poursuit





L'inondation se poursuit . .



Ces deux nœuds sont « cachés » et si les retransmissions entre en collision, la destination ne reçoit jamais le paquet !

- Très simple à mettre en œuvre
- Pas de surcoût dû au contrôle
- Les paquets sont acheminés potentiellement par plusieurs routes

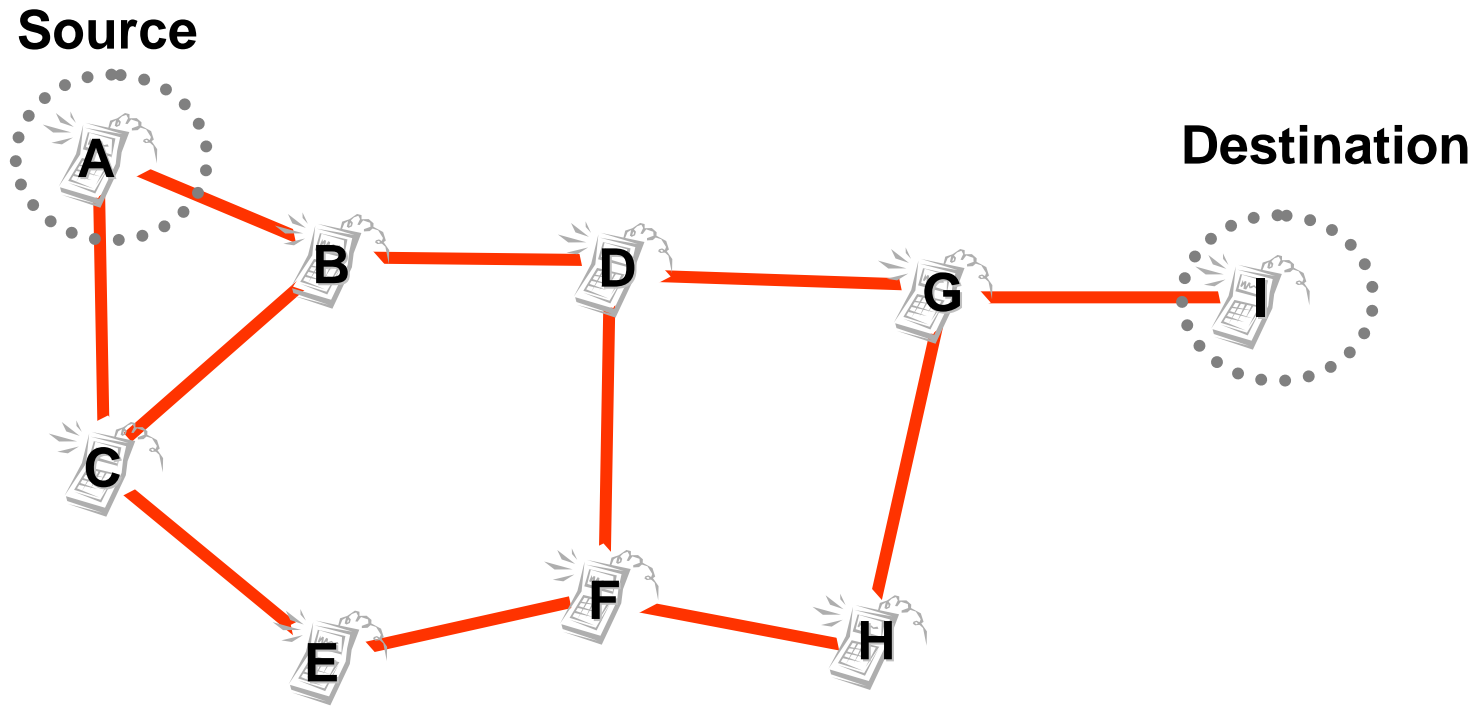
- Trop grande consommation de la bande passante
- Inondation difficile à implémenter de façon efficace

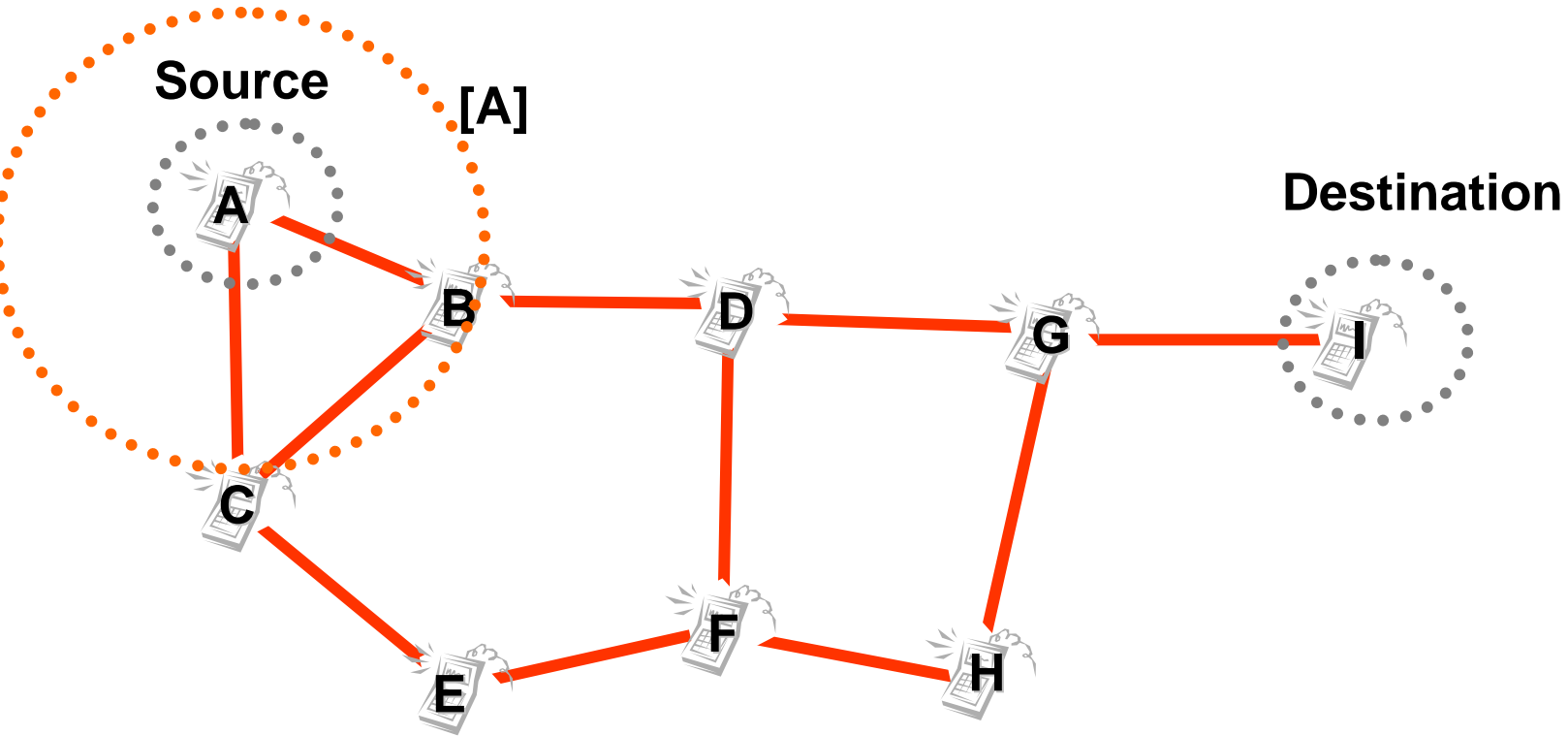
- Tous les protocoles ad hoc réalisent des inondations (éventuellement *limitée*) de paquets de contrôle, et non des paquets de données
- Ces paquets de contrôle sont utilisés pour :
 - Découvrir les routes
 - Maintenir une information globale sur le réseau
- Le surcoût induit par ces paquets de contrôle est **amorti** dès que l'on envoie suffisamment de données

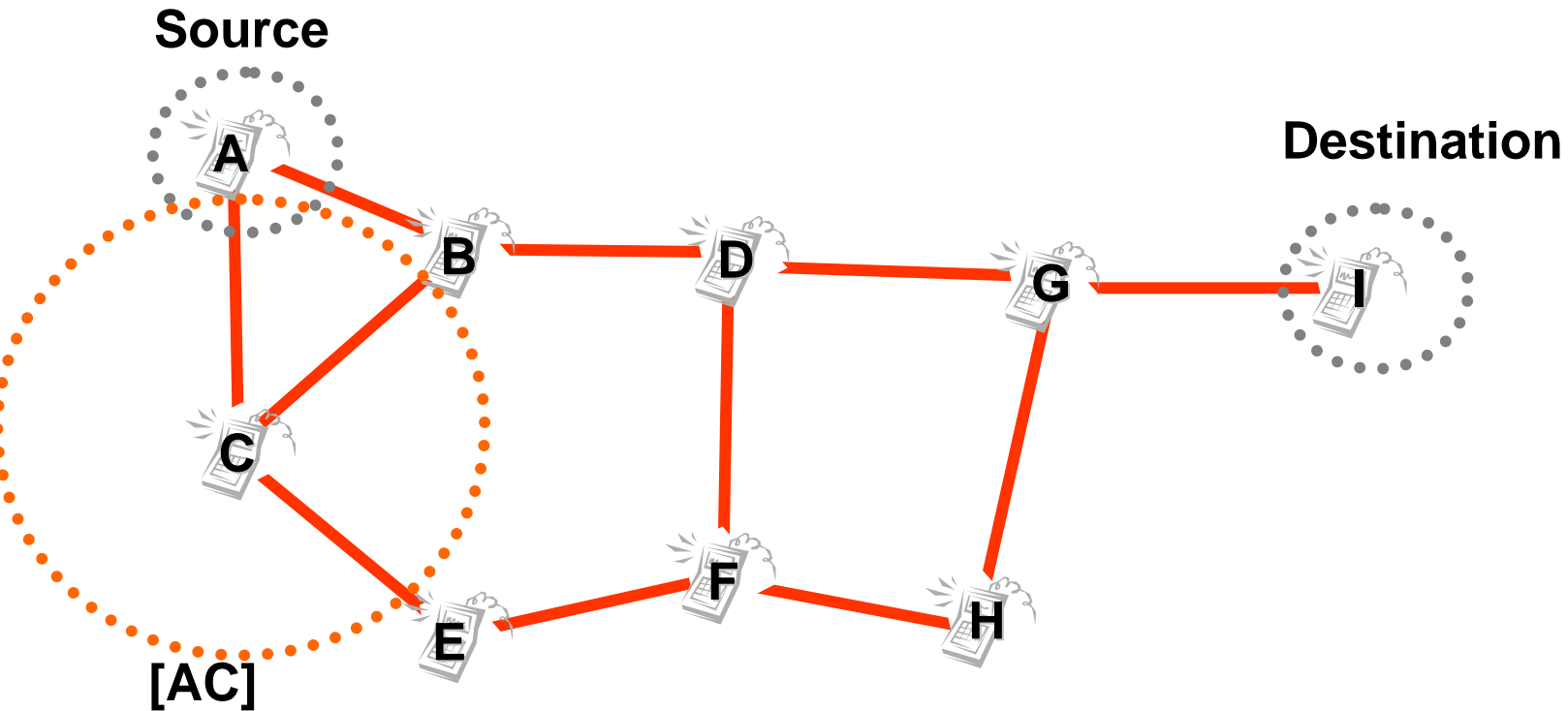
- Contexte des réseaux mobiles ad hoc
- Le routage dans les MANet
 - Le routage par inondation

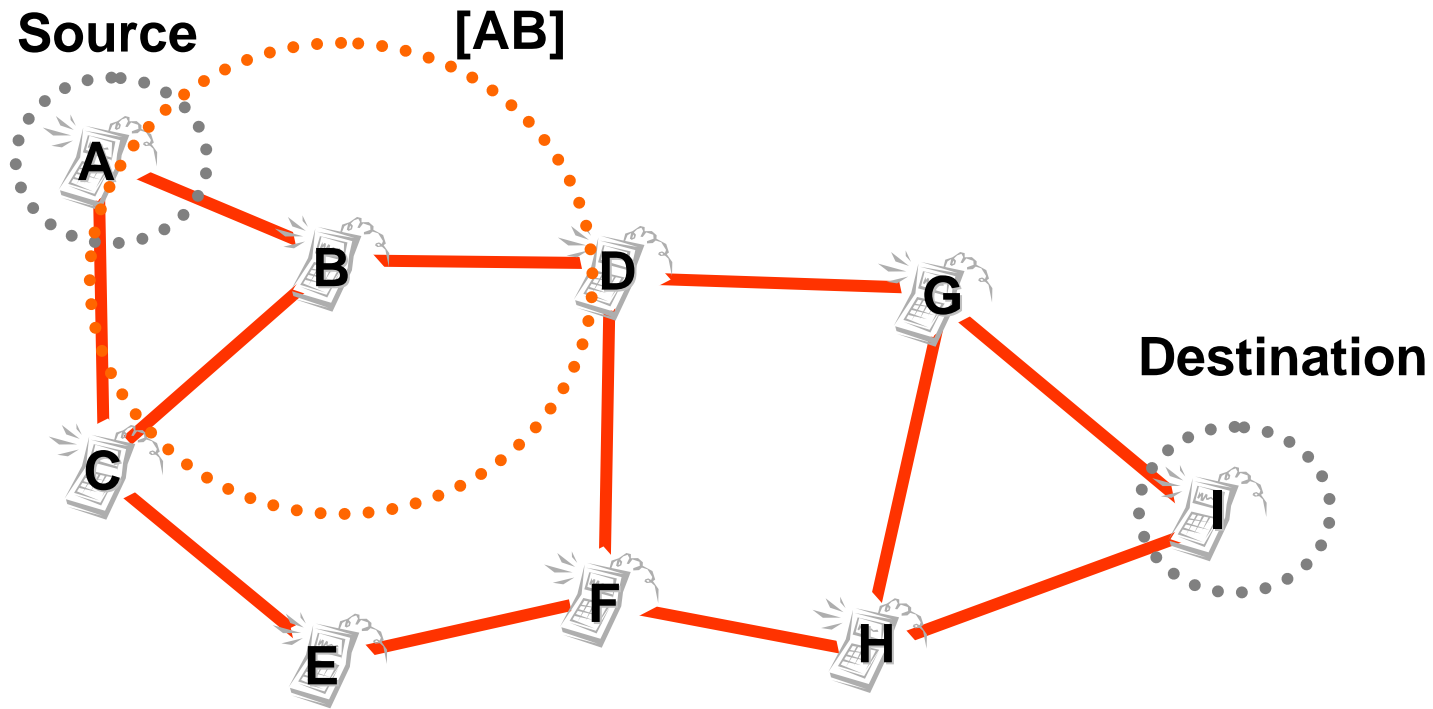
- Contexte des réseaux mobiles ad hoc
- Le routage dans les MANet
 - Le routage par inondation
 - Le routage réactif
 - DSR (Dynamic Source Routing)

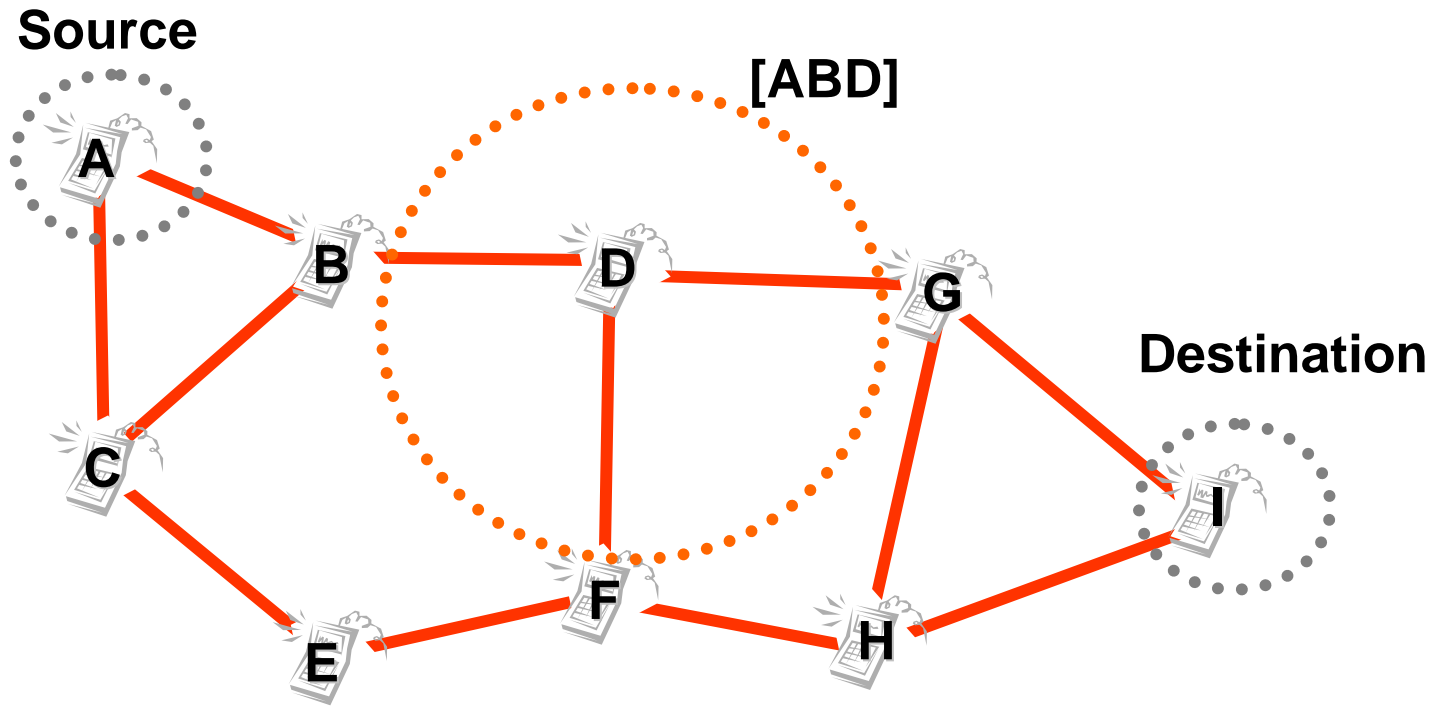
- Lorsque qu'un nœud source désire envoyer un paquet à un nœud destination mais ne "connaît" aucune route vers cette destination, le nœud source déclenche une procédure de **découverte de route**.
- La source inonde le réseau avec un paquet de type **Route Request (RREQ)**
- Lors de l'inondation, chaque nœud **ajoute au paquet RREQ son propre identifiant** avant de le retransmettre



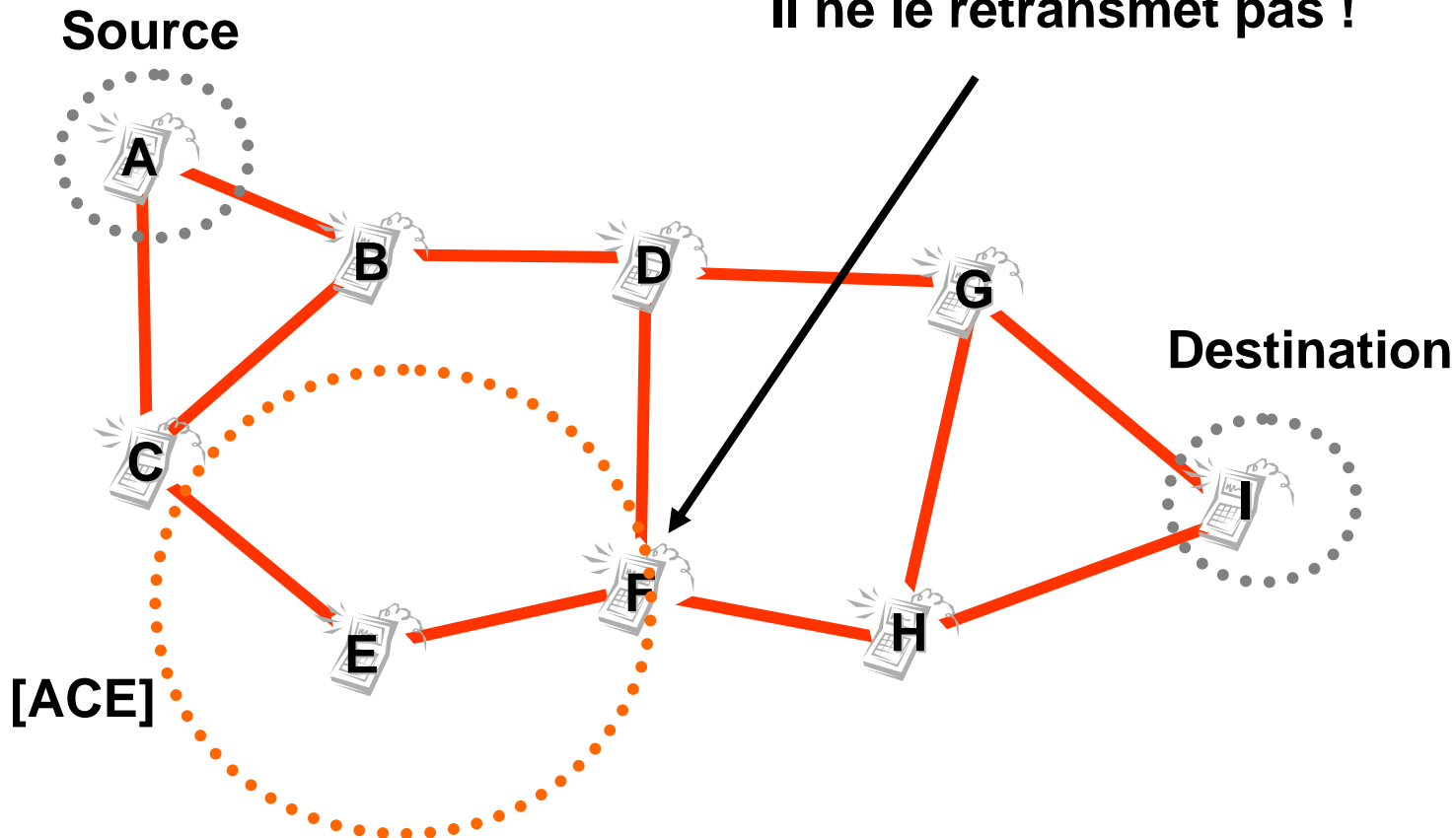


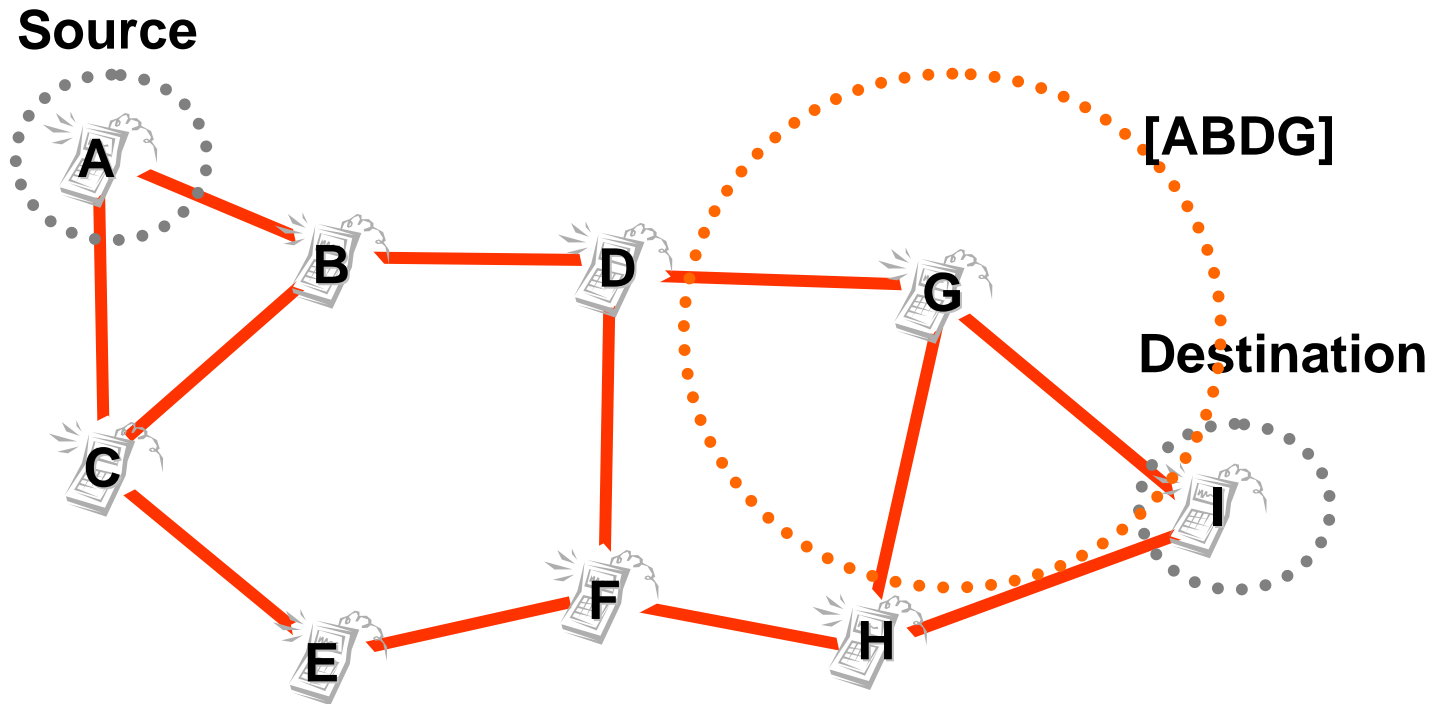




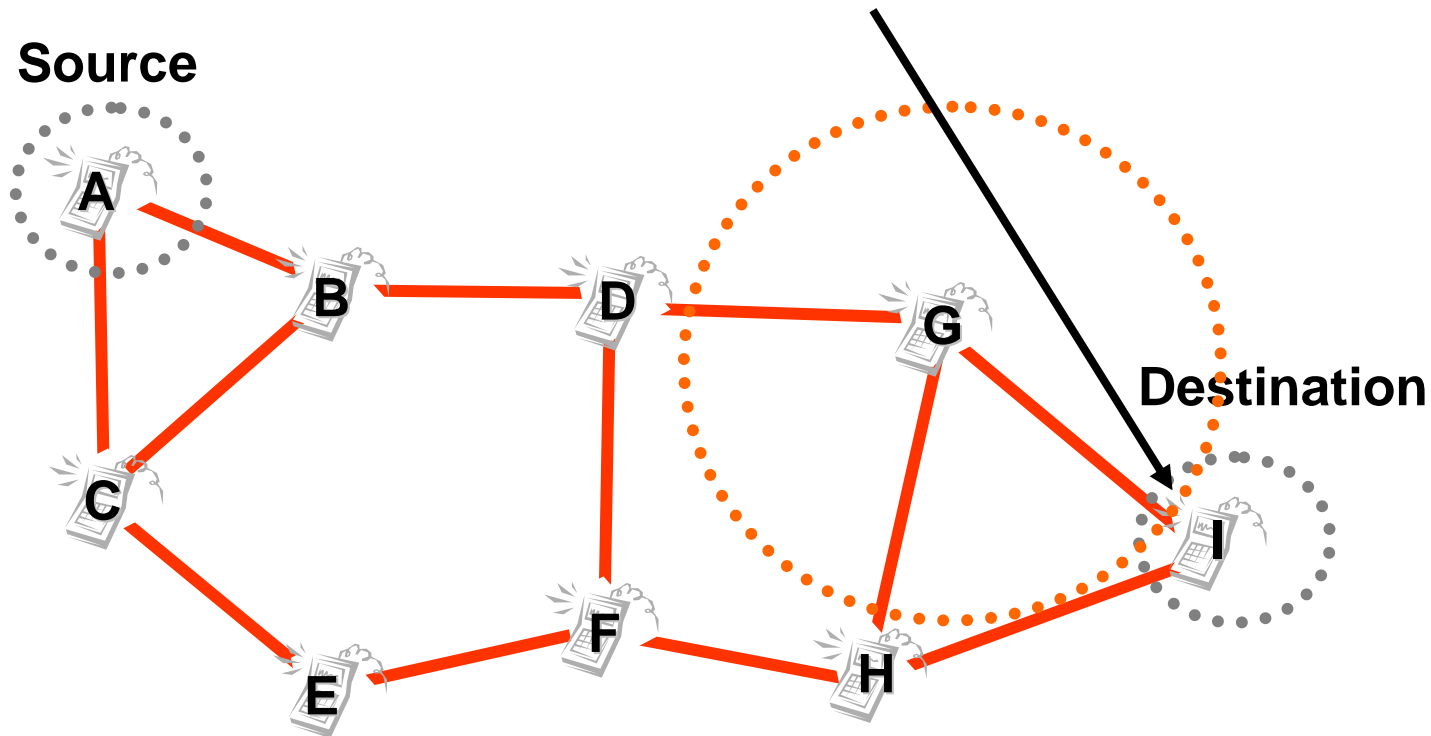


Le nœud F a reçu le paquet RREQ avec [ABD]
Il ne le retransmet pas !

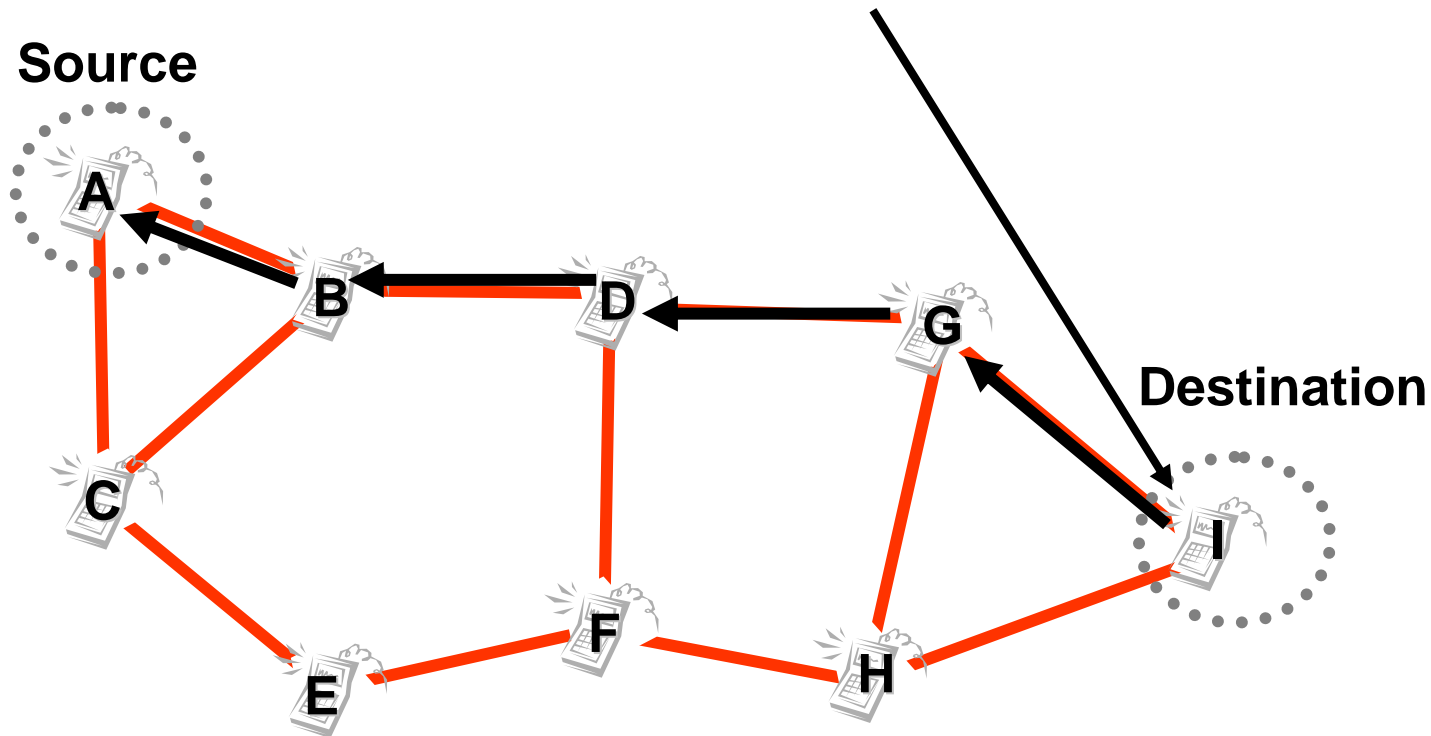




La destination reçoit le paquet RREQ avec
la route [ABDG] en entête du message



La destination répond à la source avec un paquet RREP et le renvoie en inversant la route !



La réponse se fait sans broadcast !

- **Principe** : chaque paquet émis contient dans son entête la liste de description complète de la route.
- **Avantage** : en cas de modification de la topologie du réseau, on peut tenter d'acheminer le paquet.
- **Inconvénient** : l'entête du paquet est important et dépendant de la distance entre les nœuds.

- Lorsqu'un nœud prend connaissance de l'existence d'une route (par un RREQ qu'il retransmet ou dans l'entête d'un paquet), il peut stocker cette information.
- Il peut s'en servir :
 - Comme route en cas de besoin
 - Pour répondre à un RREQ "comme s'il était la destination"
 - etc...
- Danger : les routes sont vite obsolètes !

- Contexte des réseaux mobiles ad hoc
- Le routage dans les MANet
 - Le routage par inondation
 - Le routage réactif
 - DSR (Dynamic Source Routing)

- Contexte des réseaux mobiles ad hoc
- Le routage dans les MANet
 - Le routage par inondation
 - Le routage réactif
 - DSR (Dynamic Source Routing)
 - Le routage proactif

- Contexte des réseaux mobiles ad hoc
- Le routage dans les MANet
 - Le routage par inondation
 - Le routage réactif
 - DSR (Dynamic Source Routing)
 - Le routage proactif
 - OLSR : Optimized Link State Routing.

- Basé sur les algorithmes de type
 - État de liens (Link state)
 - Vecteur de distance (Distance vector)

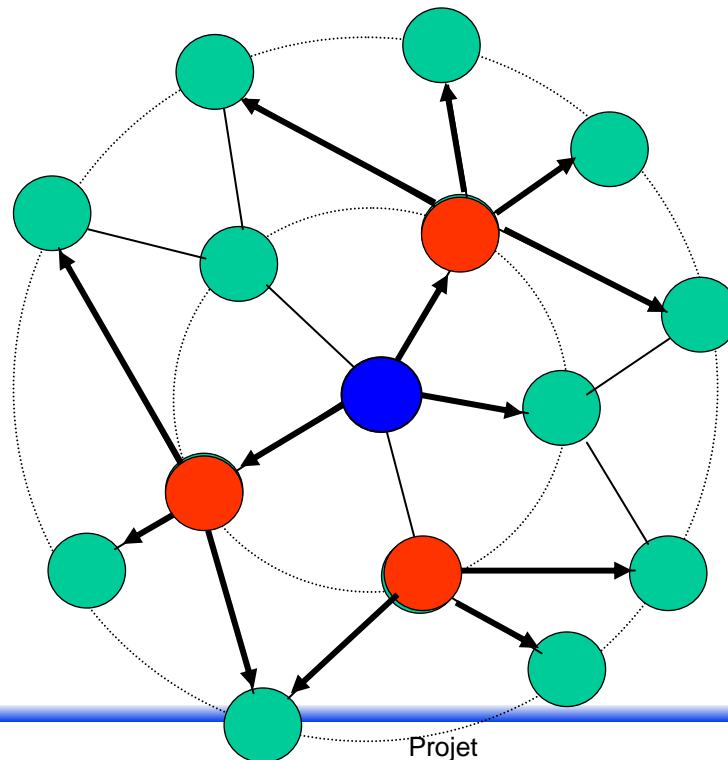
- Maintenance d'une vision globale ou partielle du réseau

- Émission de paquets de contrôle

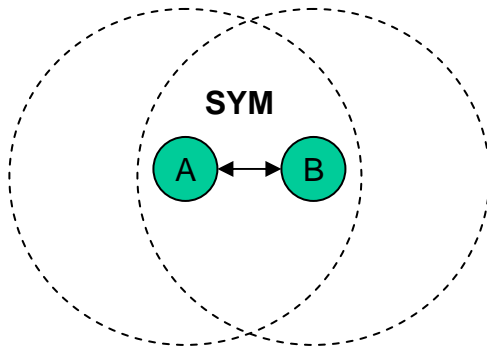
- RFC 3626 (Expérimental) – Novembre 03
- Protocole proactif, utilise un algorithme de routage du type *link-state*.
- Chaque nœud connaît ses voisins à 1 et 2 sauts. (Messages HELLO, périodiques)
- **Optimisation** : seuls des nœuds particuliers, les MPR (Multi Point Relay), diffusent les messages de topologie sur tout le réseau. (Messages TC -Topology Control)
- États des liens OLSR (ASYM –SYM –MPR)

- Le surcoût de l'inondation est réduit par une connaissance locale de l'environnement
- Les paquets émis en "broadcast" depuis un nœud ne sont retransmis que par un sous-ensemble des nœuds voisins que l'on nome les *multipoint relays*
- Les Relais Multipoints (RMP) d'un nœud sont sélectionnés de façon à ce que l'ensemble des voisins à deux sauts soit atteint par la retransmission d'un paquet en « broadcast » par les RMPs.

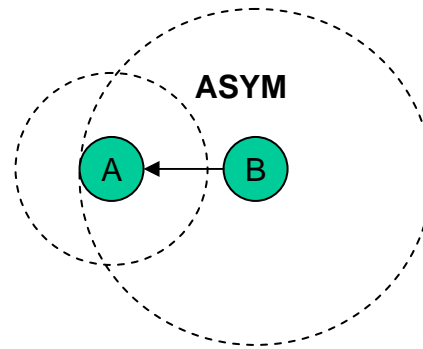
- Chaque nœud détermine son groupe RMP:
 - Couverture minimale des nœuds à deux sauts
- Les RMP relayent les paquets de diffusion
 - Réduction des répétitions inutiles dans les diffusions



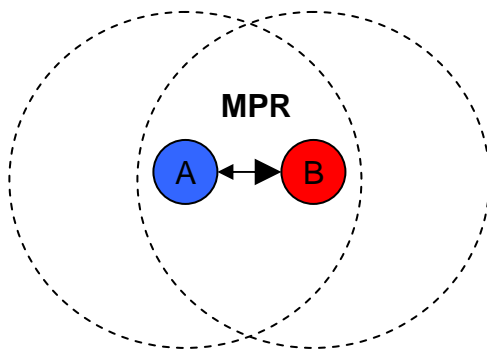
- Périodiquement **chaque nœud** émet :
 - Des paquets HELLO vers ses voisins contenant la liste de ses voisins (broadcast local)
 - Construction d'une table des voisins à 1 et deux sauts.
 - Des paquets TC (Topology Control) à destination de tout le réseau par **inondation MPR** contenant son identité et la liste de ces MPRs (MPR Selector)
 - Construction de la table de routage.



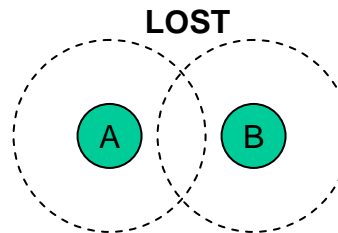
Lien **symétrique** :
A reçoit B
B reçoit A



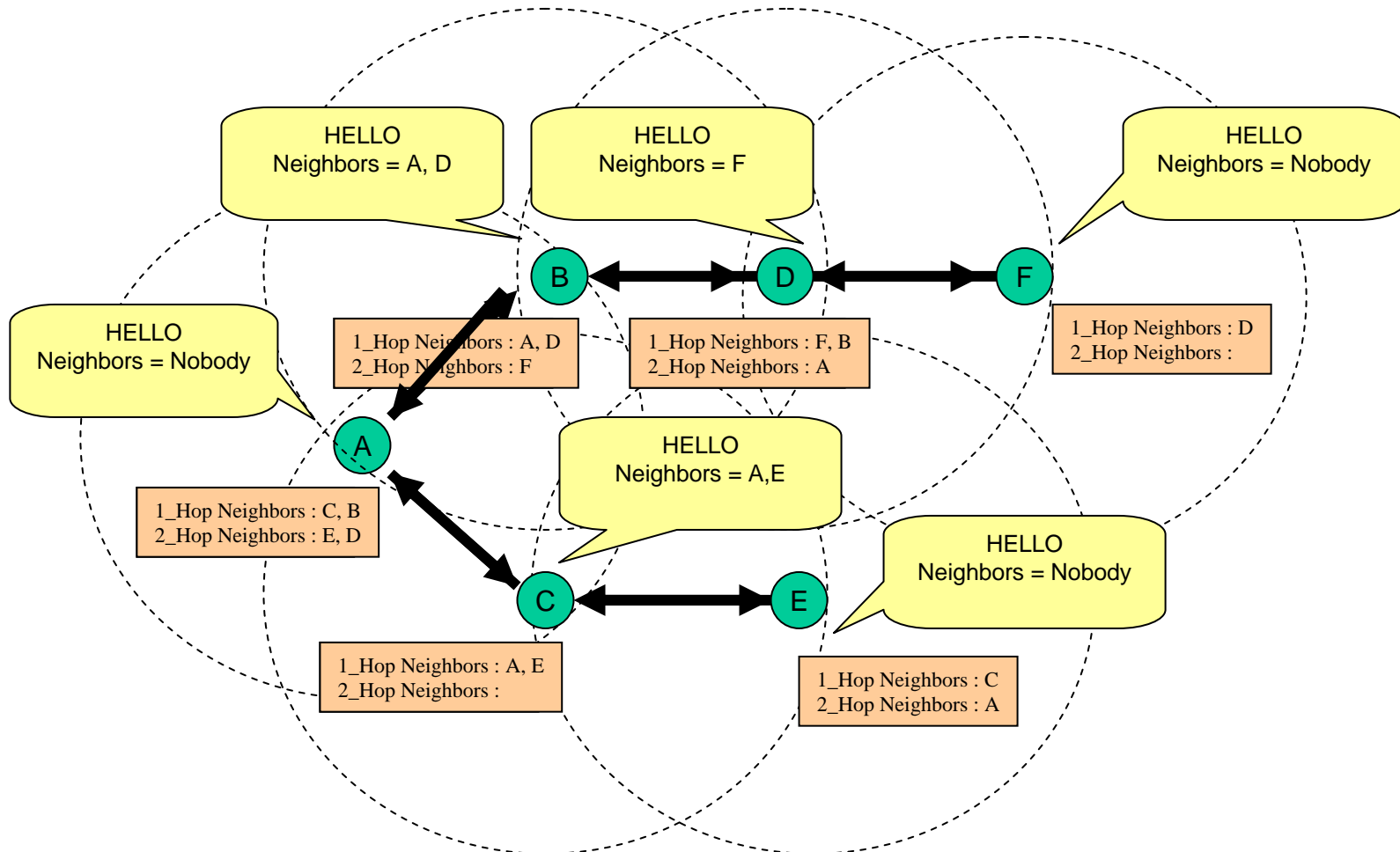
Lien **asymétrique** :
A reçoit B
B ne reçoit pas A

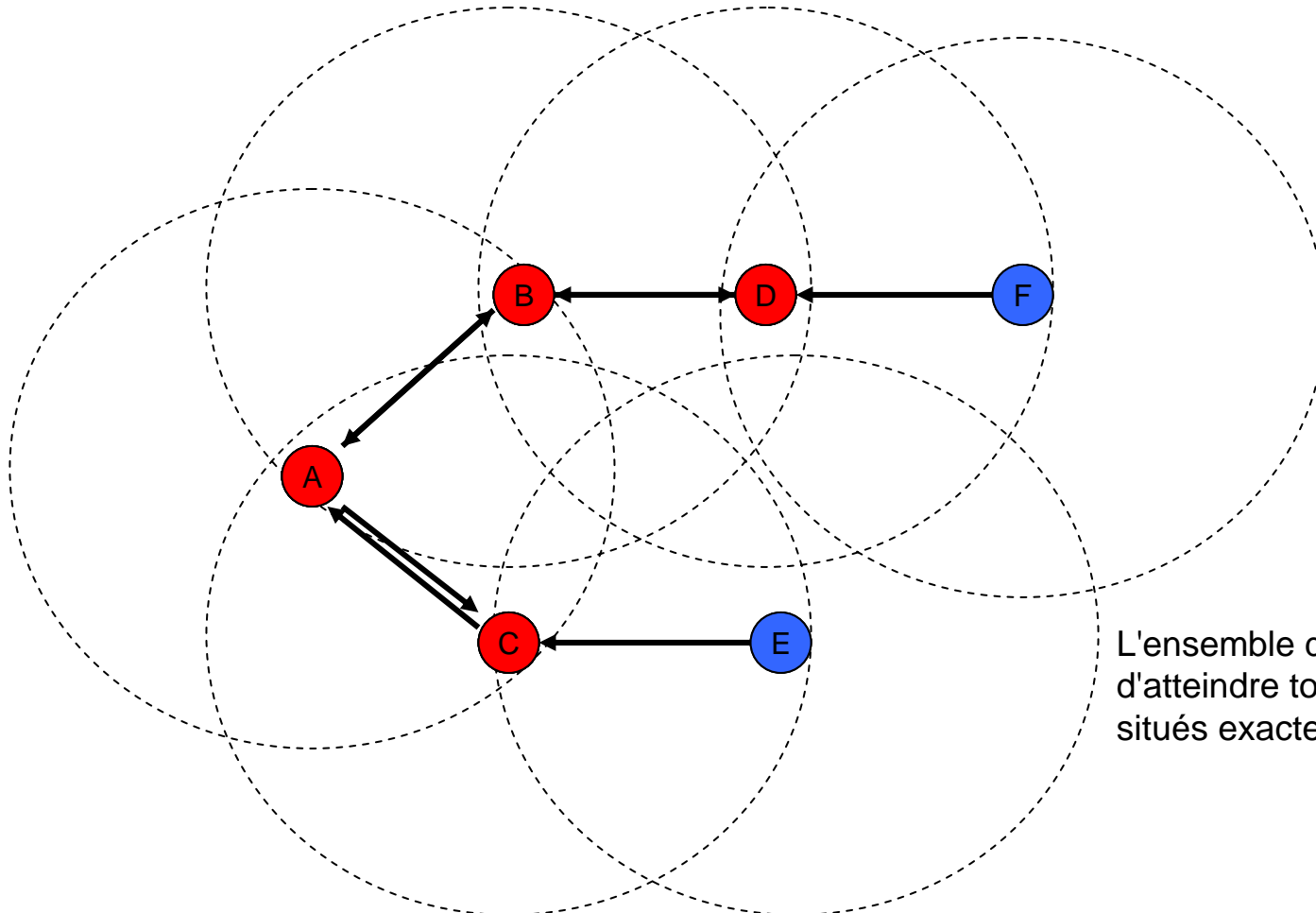


Lien **MPR** :
B est un relais pour A

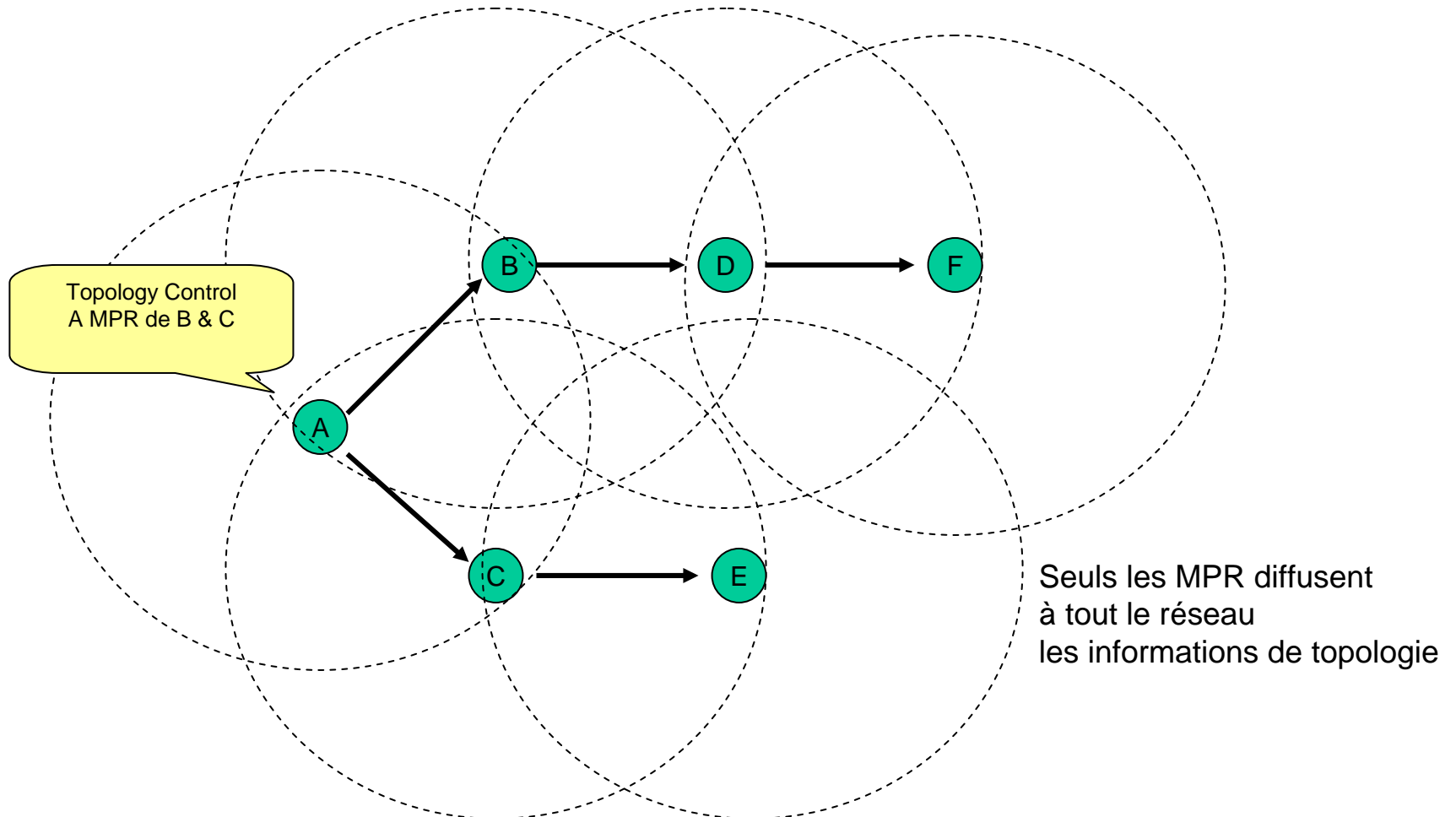


Lien **perdu** :
A et B sont
hors de portée

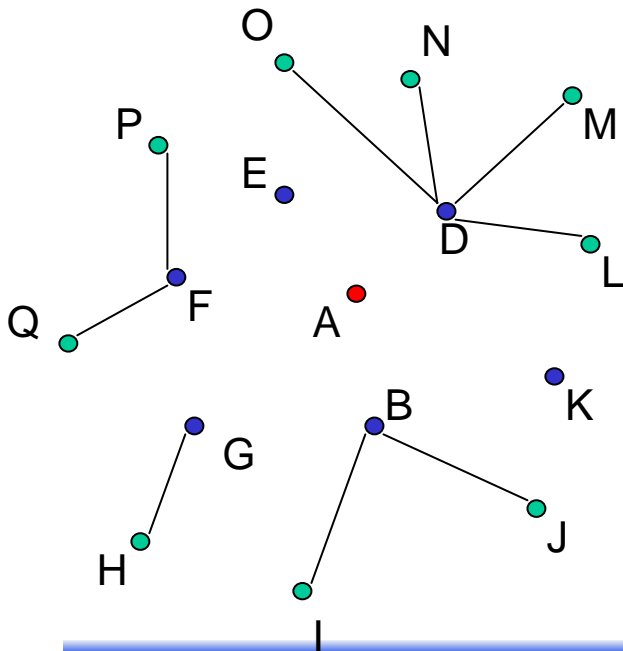




L'ensemble des MPR permet d'atteindre tous les nœuds situés exactement à 2 sauts



- MPR = Ensemble de nœuds qui se trouvent à un saut et qui permettent d'atteindre tous les nœuds situés à deux sauts.



Le nœud A a élu les nœuds B, D, F et G pour être ses MPR, car ils peuvent à eux quatre lier tous les nœuds situés à deux sauts de A. Ils auront donc tous l'adresse de A dans leur table de « MPR Selector » (vue plus loin).

Rappel : OLSR utilise deux types de messages

- Hello
- Topology Control (TC)

Hello

- Types de liens : SYM, ASYM ou MPR
- Liste des voisins avec le type de lien correspondant

Format des messages Hello :

Message_Sequence_Number		MPR_Sequence_Number	
Link_Type	Reserved	Next_Link_Type	
Neighbor_Address			
Neighbor_Address			
Link_Type	Reserved	Next_Link_Type	
Neighbor_Address			

- Chaque message est ainsi constitué d'une liste de voisins avec un type de lien ASYM (asymétrique ou entendant), SYM (symétrique) ou MPR (lorsque ce nœuds est un MPR de l'émetteur).

La table de voisins (Neighbor Table)

Node_Address	Node_Status	Node_2hop_List	Node_Time
--------------	-------------	----------------	-----------

- Chaque nœud X, lorsqu'il reçoit un message Hello d'un de ses voisins V, écrit dans sa table une entrée correspondante avec l'adresse de V et un lien de type ASYM.
 - Si dans le message, il est spécifié que X est un voisin ASYM de V, alors X entre V en tant que lien SYM.
 - De même, lorsque X enverra un message Hello à V avec le type de lien SYM, celui-ci écrira dans sa table que X est désormais un liens SYM.
- La liste des « Node_2hop_list » permet l'élection d'un MPR parmi ses voisins.

La table des MPR Selector (MPR Selector Table)

MPR_Selector_Address	MPR-S_Seq_Num	MPR-S_Time
----------------------	---------------	------------

- Si V précise à X qu'il l'a élu en tant que MPR, alors X écrit une nouvelle entrée dans sa « MPR Selector Table » avec l'adresse de V.

Format des messages Topology Control :

Message_Sequence_Number	MPR-Selector_Sequence_Number
Hop Count	Unused
Originator_Address	
MPR-S_Address	
MPR-S_Address	

Les TC messages ne sont envoyés que par les nœuds élus MPR par un autre.

Ils contiennent la liste des nœuds qui ont sélectionné le nœud émetteur comme MPR (ses MPR Selectors).

La table de la topologie (Topology Table)

T_Destination	T_Last	T_Sequence_Number	T_Time
---------------	--------	-------------------	--------

La « Topology Table » permet de savoir que le nœud T_dest a élu le nœud T_last comme MPR.

La table de routage– (Routing Table)

Routing_Destination	Routing_Next	Routing_Distance
---------------------	--------------	------------------

Enfin, la « Routing Table » est calculée à partir de la « Topology Table » et de la « Neighbor Table » à chaque fois que l'une de ces deux tables est modifiée.

Elle associe les nœuds deux à deux depuis un nœud éloigné (R_dest) jusqu'à en trouver un dans son voisinage (R_next).

- Contexte des réseaux mobiles ad hoc
- Le routage dans les MANet
 - Le routage par inondation
 - Le routage réactif
 - DSR (Dynamic Source Routing)
 - Le routage proactif
 - OLSR : Optimized Link State Routing.

- Contexte des réseaux mobiles ad hoc
- Le routage dans les MANet
 - Le routage par inondation
 - Le routage réactif
 - DSR (Dynamic Source Routing)
 - Le routage proactif
 - OLSR : Optimized Link State Routing.
 - Tableau de synthèse des protocoles de routage ad hoc

