

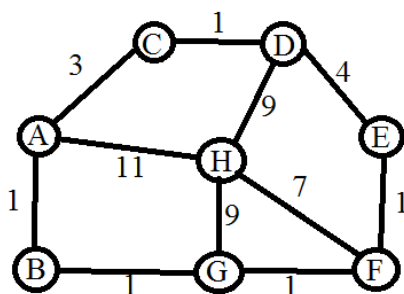
Solution

Remarques :

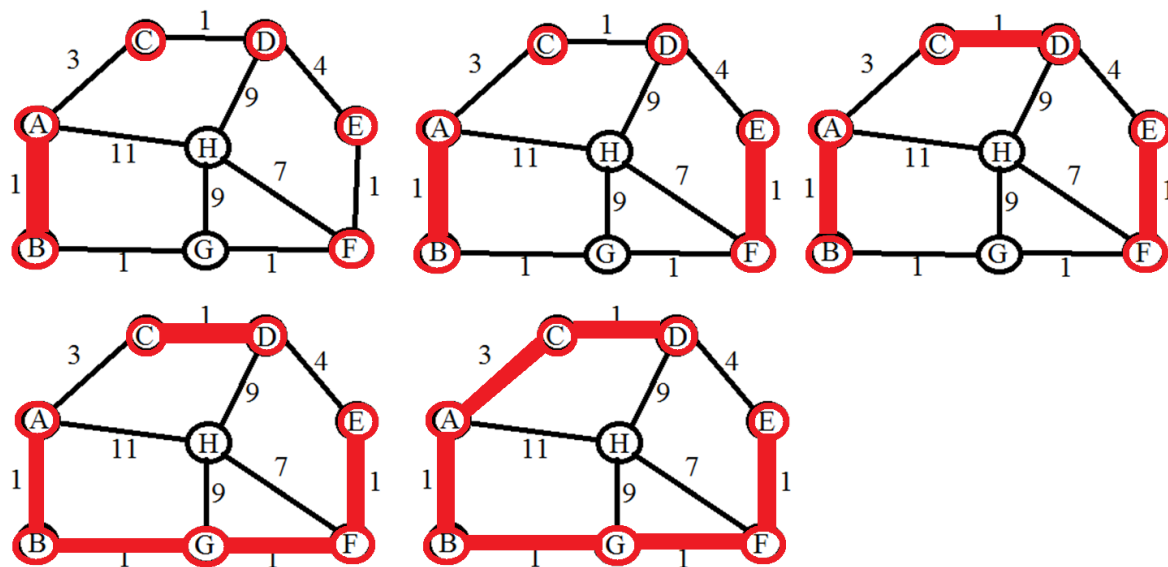
- Documentation **personnelle** autorisée.
- L'utilisation des téléphones portables, tablettes, et Laptops est interdite.
- **Le barème est sur 22,75 points.**
- Commencez par l'exercice qui vous semble le plus facile.

Exercice 1 : (2,5 points)

Appliquer l'heuristique de **Kruskal** (étape par étape) sur le graphe suivant si $Z = \{A, B, C, D, E, F\}$.

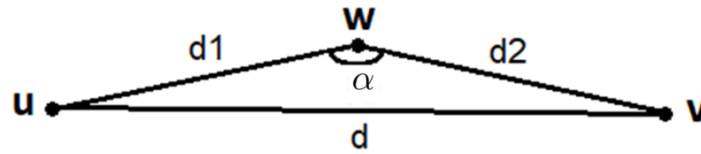


Solution :



Exercice 2 : (4,5 points)

Soit trois nœuds (**u**, **v**, et **w**) dans un réseau de capteurs comme le montre la figure :



Le nœud **u** veut envoyer un message au nœud **v**. Ce dernier est dans la portée maximale de **u** mais un autre chemin est possible en passant par **w**.

Question : Montrer que le fait de passer par **w** est meilleur, de point de vue consommation énergétique, que le fait d'envoyer le message directement à **v** en utilisant les données suivantes :

- les signaux se propagent selon le « **free space model** ».
- nous avons : $d^2 = d_1^2 + d_2^2 - 2d_1d_2 \cos(\alpha)$
- nous avons : $\cos(\alpha) < 0$

Solution :

Passer par w = scénario 1.

Envoyer le message directement = scénario 2.

Coût énergétique du scénario 1 = $P_{t1} + P_{t2} = (Pr(d_1) * d_1^2) / C + (Pr(d_2) * d_2^2) / C$

Coût énergétique du scénario 2 = $P_t = (Pr(d) * d^2) / C$

Nous avons :

$$P_t / P_{t1} + P_{t2} = ((Pr(d) * d^2) / C) / ((Pr(d_1) * d_1^2) / C + (Pr(d_2) * d_2^2) / C)$$

En supposant que nous avons la même valeur pour C et la puissance du signal reçu :

$$P_t / P_{t1} + P_{t2} = d^2 / d_1^2 + d_2^2 = (d_1^2 + d_2^2 - 2d_1d_2\cos(\alpha)) / d_1^2 + d_2^2$$

$$P_t / P_{t1} + P_{t2} = 1 - (2d_1d_2\cos(\alpha)) / d_1^2 + d_2^2$$

Puisque $\cos(\alpha) < 0$ alors nous avons : $P_t / P_{t1} + P_{t2} > 1$

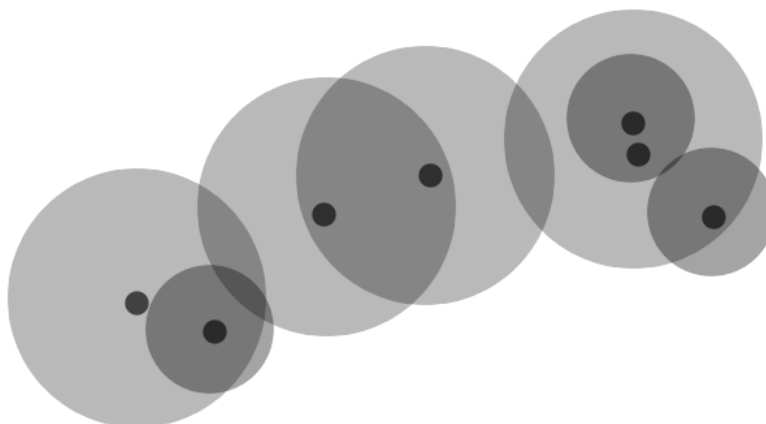
Donc : $P_t > P_{t1} + P_{t2}$

Donc : Coût énergétique du scénario 2 > Coût énergétique du scénario 1

Donc : Passer par w est meilleur, de point de vue consommation énergétique.

Exercice 3 : (4 points)

Soit le réseau Ad Hoc suivant :



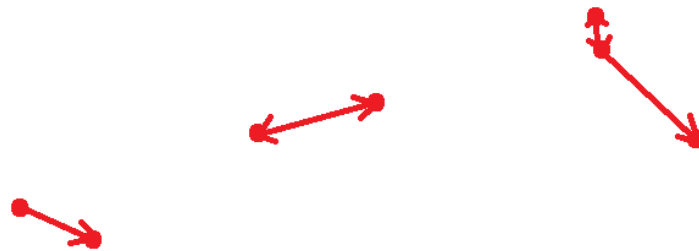
Les petits cercles noirs représentent les nœuds et les cercles gris représentent les portées de transmission des nœuds.

Questions :

- Dessiner le graphe qui représente la topologie de ce réseau.
- Comment rendre ce graphe connexe sans bouger les nœuds.
- Si la puissance de transmission de quatre nœuds est de 5 watts, et des trois autres est de 2 watts. Quel est le coût énergétique de l'affectation de portée représentée dans la figure précédente.
- Est-ce que les nœuds connectés de ce réseau peuvent utiliser le mécanisme de niveau MAC basé sur les messages RTS/CTS ? Justifiez votre réponse.

Solution :

a)



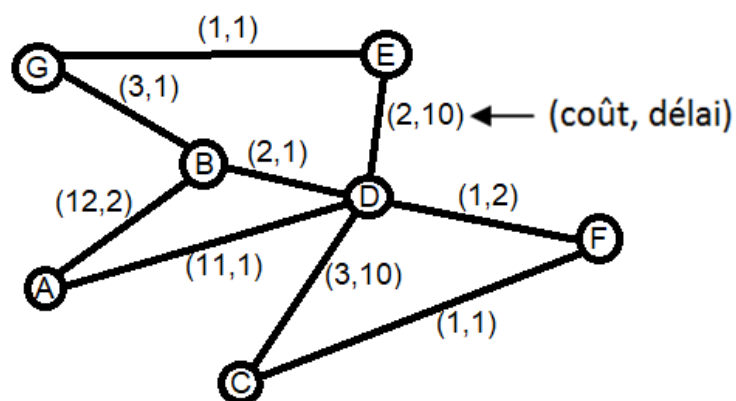
b) En augmentant la puissance de transmission des nœuds.

c) $(5 \text{ watts} * 4 \text{ nœuds}) + (2 \text{ watts} * 3 \text{ nœuds}) = 26 \text{ watts}$.

d) Non, car ce dernier suppose que les liaisons sont symétriques.

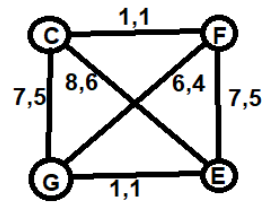
Exercice 4 : (4,75 points)

Soit le graphe suivant qui représente un réseau et nous voulons faire du Multicast. L'objectif est de trouver un arbre de Steiner avec contrainte de délai en appliquant l'heuristique de Kompella. Appliquez cette heuristique sachant que : la source est le nœud C, les destinations sont {F, G, E}, la contrainte de délai $\Delta = 8$.



Solution :

1) Graphe complet :



2) Matrice des chemins :

| | C | F | G | E |
|---|---------|--------|-------|---------|
| C | -- | CF | CFDBG | CFDBGGE |
| F | CF | -- | FDBG | FDBGGE |
| G | CFDBG | FDBG | -- | GE |
| E | CFDBGGE | FDBGGE | GE | -- |

3) Les coûts :

| | C | F | G | E |
|---|----|----|----|----|
| C | -- | 1 | 7 | 8 |
| F | 1 | -- | 6 | 7 |
| G | 7 | 6 | -- | 1 |
| E | 8 | 7 | 1 | -- |

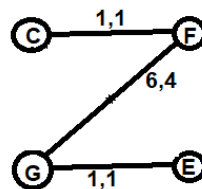
4) Les délais :

| | C | F | G | E |
|---|----|----|----|----|
| C | -- | 1 | 5 | 6 |
| F | 1 | -- | 4 | 5 |
| G | 5 | 4 | -- | 1 |
| E | 6 | 5 | 1 | -- |

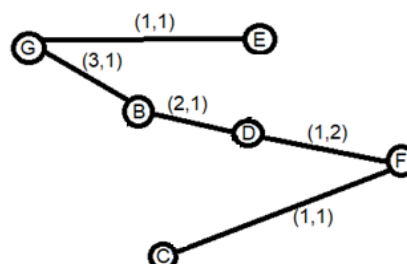
5)

| L'ensemble C | P[v] | T | Nextedge |
|--------------|------|--------------------------|----------|
| {C} | C | {} | (C, F) |
| | 0 | | |
| {C, F} | C | {(C, F)} | (F, G) |
| | 0 | | |
| {C, F, G} | C | {(C, F), (F, G)} | (G, E) |
| | 0 | | |
| {C, F, G, E} | C | {(C, F), (F, G), (G, E)} | |
| | 0 | | |

6) MST :



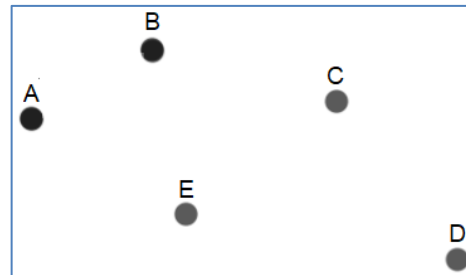
7) Arbre final :



Exercice 5 : (5 points)

Soit un réseau Ad Hoc avec 5 nœuds comme le montre la figure suivante. Les distances entre les nœuds sont présentées dans le tableau ci-dessous.

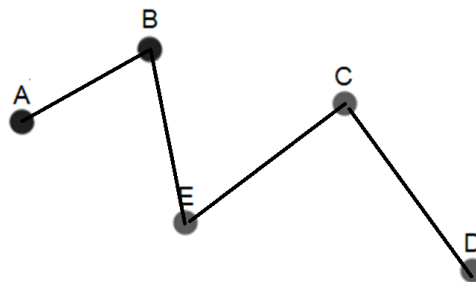
| Nœuds | Distance |
|-------|----------|
| A-B | 3 |
| A-C | 6 |
| A-D | 9 |
| A-E | 3,5 |
| B-C | 4 |
| B-D | 7,5 |
| B-E | 3,4 |
| C-D | 4,1 |
| C-E | 3,9 |
| D-E | 5,6 |



Question : Trouvez l'affectation de portées RA_T pour ce réseau en utilisant l'heuristique vue en cours (section 2.5). Il faut donc trouver la portée $RA_T(u)$ attribuée à chaque nœud u du réseau.

Solution :

MST :



$RA_T(A) = 3$
 $RA_T(B) = 3,4$
 $RA_T(C) = 4,1$
 $RA_T(D) = 4,1$
 $RA_T(E) = 3,9$

Exercice 6 : (2 points)

DSR est un protocole de routage Ad Hoc.

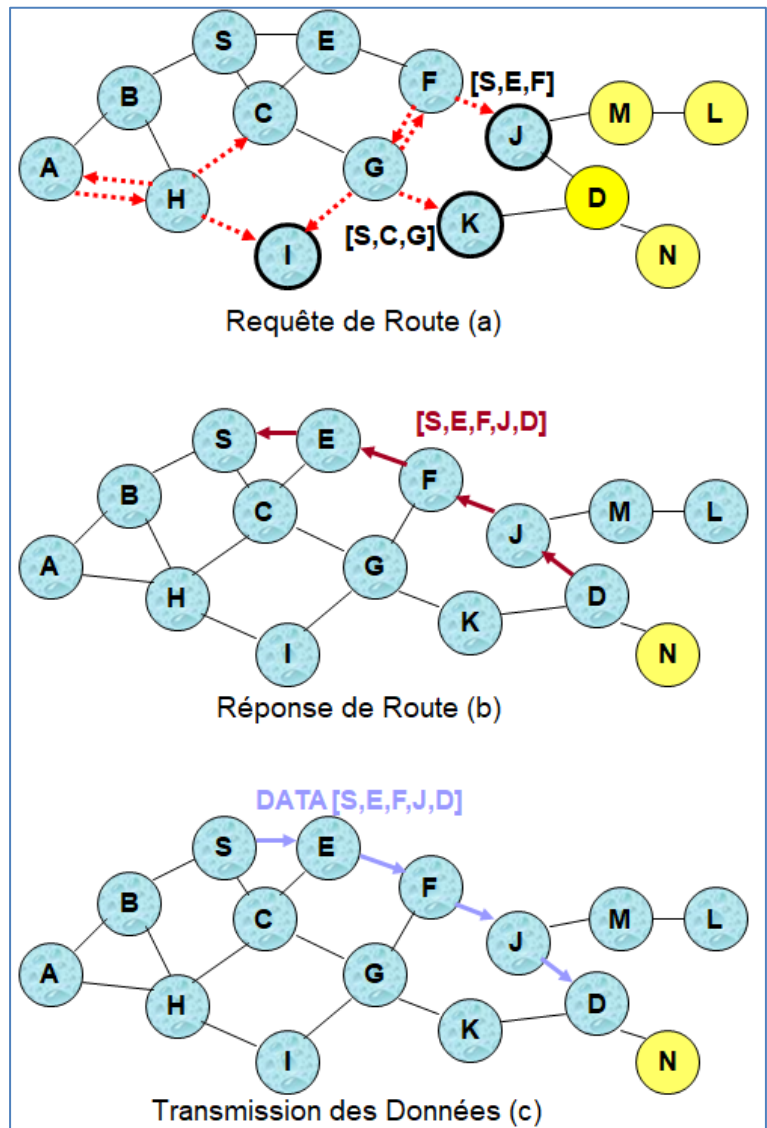
Son principe est basé sur l'inondation d'un message **requête de route** (figure a) où: chaque nœud qui reçoit la requête ajoute son identifiant dans cette dernière, puis continue l'inondation.

La destination répond par une **réponse de route** (figure b) contenant la route trouvée.

Enfin la source envoie les données par la route trouvée (figure c).

DSR suppose que toutes les liaisons dans le réseau sont symétriques. Il ne fonctionne donc pas lorsque des liaisons asymétriques existent.

Question : proposer une amélioration de DSR pour supporter les liaisons asymétriques.

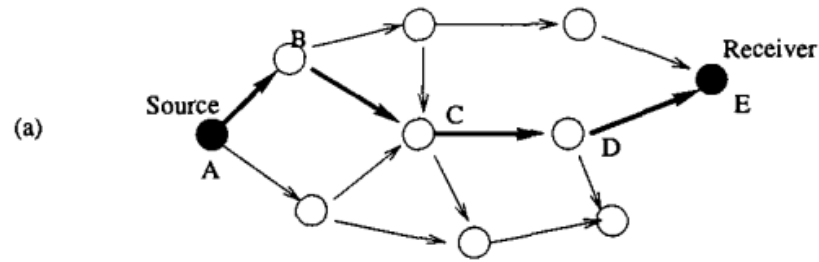


Solution (tirée de la référence [1]) : Lorsque D reçoit la requête de route, il est fort probable qu'il ne peut pas utiliser le chemin inverse pour transmettre la réponse de route (à cause des liaisons asymétriques).

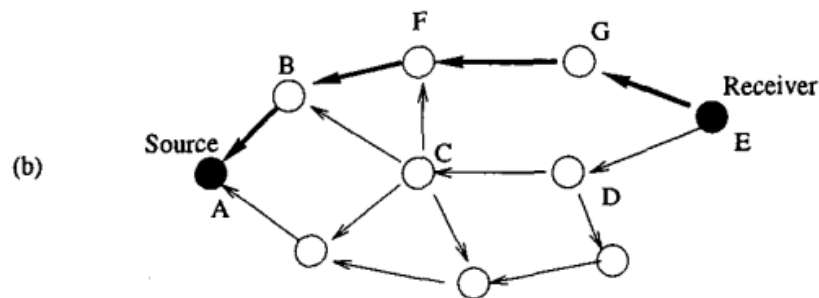
Il va donc diffuser une nouvelle requête de route vers S qui contient le chemin trouvé dans la première étape.

Lorsque S reçoit la nouvelle requête de route il va connaître deux chemin, le premier de S vers D (première requête) et le deuxième de D vers S (deuxième requête).

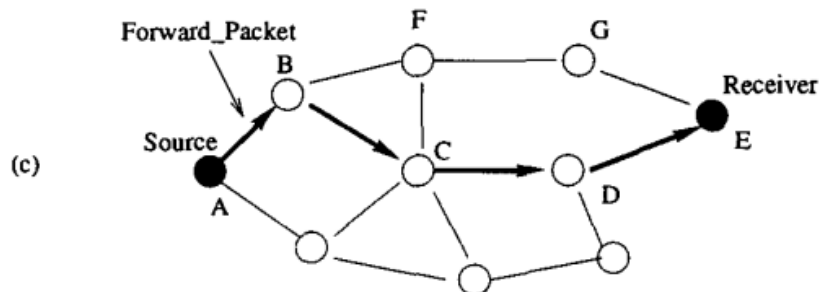
Le nœud S va par la suite envoyer le chemin <D vers S> vers D. Ce qui est possible car S connaît maintenant les deux chemins (voir la figure 6.1).



A route discovery packet is flooded into the network.



Route discovery packets for a backward path contain the forward path information (A-B-C-D-E).



Forward_Packet contains the selected backward path (E-G-F-B-A).

Figure 6.1 A new dynamic routing protocol using dual paths to support asymmetric links in mobile ad hoc networks [1]

Références:

[1] Kim, Donkyun, C-K. Toh, and Yanghee Choi. "RODA: A new dynamic routing protocol using dual paths to support asymmetric links in mobile ad hoc networks." *Proceedings of the Ninth International Conference on Computer Communications and Networks*. IEEE, 2000.