

Le routage élastique

... une idée farfelue de Marie Duflot-Kremer
créée en février 2017

dernière modification le 25 août 2017

Le document que vous êtes en train de consulter n'est pas une référence très finalisée, ni un guide strict à suivre. Il est voué à être enrichi/complété et regroupe des éléments pour pratiquer une activité sans ordinateur autour des réseaux informatiques. La diffusion de ce document est libre, vous pouvez suggérer des améliorations/enrichissements à marie.duflot-kremer@loria.fr. Si ce document vous a été utile, vous pouvez également me le signaler car j'envisage de mentionner sur ma page médiation les écoles/associations/etc. qui ont testé et approuvé l'activité.

La page <https://members.loria.fr/MDuflot/> permet de trouver (section médiation/activités) une liste d'autres activités pour faire découvrir différents aspects de l'informatique, réalisables en grande majorité sans ordinateur.

Avant de commencer : Ne prenez pas peur à cause de la longueur du document. On peut très bien s'arrêter après l'étape 4 (sachant que les 1 et 2 c'est juste des explications). Il y a tout ici pour que chacun-e y trouve son compte, mais vous n'êtes évidemment pas obligé-e de tout faire (encore heureux).

Étape 1 _____ Le routage c'est quoi ?

Imaginez que vous envoyez une lettre à un ami, qui réside au Togo. Vous connaissez son adresse mais vous n'avez pas le début d'une idée de comment vous rendre chez lui. Et cela importe peu car vous n'avez pas besoin d'indiquer le chemin pour vous y rendre sur l'enveloppe, vous avez juste besoin de savoir écrire son adresse, et de décider dans quelle boîte aux lettres déposer votre lettre. En général le choix est limité, vous avez la desserte locale (votre département, éventuellement les voisins) et les autres destinations. C'est assez facile. Et l'agent postal qui va récupérer votre enveloppe avec les autres dans la boîte ne sait pas non plus aller à Kpalimé au Togo. Mais lui non plus n'a pas besoin de le savoir car chaque maillon de la chaîne des services postaux doit juste savoir quelle est l'étape suivante pour votre lettre, à qui l'envoyer directement. Seul le facteur en bout de chaîne doit réellement se rendre à l'adresse indiquée et donc savoir où elle se trouve.

Oui bon en vrai le courrier est plutôt lu par des machines qui vont faire une partie du travail : au vu du nom de Pays ou du code postal, elles vont aiguiller les lettres vers tel ou tel centre de tri qui s'occupera de renvoyer la lettre. Et bien ça, c'est précisément du routage.

Dans les réseaux informatiques, pour gérer la quantité impressionnante de données qui circulent, il y a des routeurs. Ces machines peuvent recevoir et envoyer des messages pour leur permettre, après plusieurs routeurs, d'atteindre leur destination. Pour ce faire ils ont des tables qui leur disent auquel de leurs voisins ils doivent envoyer un message pour telle ou tel destinataire (oui bon ils ne s'embarrassent pas des noms mais utilisent des adresses IP, mais c'est une autre histoire).

Étape 2 _____ Matériel

Cette activité a été pensée pour 6 à 8 enfants. Plus il y en a plus on peut faire des réseaux de forme rigolote, mais plus c'est long aussi d'échanger des messages. Si vous avez une classe entière et êtes sur le point de renoncer à l'activité, allez d'abord voir la section 6 et vous allez peut être renoncer à renoncer.

Pour la faire il faut :

- Du papier,
- un accès à une imprimante si possible (sinon on fait à la main)
- soit des ardoises soit une plastifieuse (les deux c'est bien aussi)
- de quoi écrire sur des ardoises (craies, feutres) ou sur les feuilles plastifiées (feutres)
- de quoi constituer son réseau, à savoir relier les enfants entre eux, et que ce soit reconfigurable facilement (on doit pouvoir décrocher et accrocher facilement deux enfants. Le matériel conseillé pour cela est (mais soyez créatifs et faites avec ce que vous avez)
 - environ 10 bandes élastiques de 1m50 de long (ceux dont on se sert pour la ceinture d'un vêtement par exemple).
 - 2 mousquetons par bande élastique (soit 20 dans mon cas) à fixer un à chaque bout de chaque bande élastique
 - 8 ceintures à accrocher autour de la taille des enfants (ceintures de récup, cordelette,...)

Préparation :

- Réaliser des tables de routage, des toutes prêtes en suivant l'exemple ci-dessous, et des vierges où les enfants écriront à qui faire suivre les messages adressés à chaque destinataire (c'est pratique de plastifier les feuilles "vierges" car on peut écrire au marqueur dessus et effacer).
- préparer des messages avec dessus l'expéditeur (le routeur qui le prendra en charge au début), le destinataire, et un contenu de message.
- accrocher un mousqueton à chaque bout de chaque élastique de 1m50
- si on veut être perfectionniste, coudre/préparer les ceintures. Sinon un bon noeud des familles direct autour de la taille de l'enfant et c'est parti.

Étape 3 _____ On se lance

Avant propos : Après test avec des élèves de fin de primaire, je préfère en fait des réseaux à 6 routeurs. La version à 8 routeurs peut être utilisée ponctuellement pour illustrer certains aspects mais vous trouverez de quoi (plan du réseau, tables vierges et remplies) faire un réseau à 6 routeurs dans la partie annexes. Je vous invite donc à lire la suite puis décider si vous voulez 6 ou 8 (ou plus/moins) routeurs dans votre activité.

Pour commencer et que les participants se familiarisent avec le principe, on équipe les enfants d'une ceinture, on leur donne une table de routage toute faite et on les relie avec élastiques et mousquetons entre eux selon un réseau prévu (et qui colle avec les tables de routage).

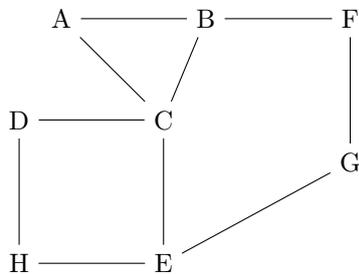
Exemple : pour le réseau de la Figure 3, j'ai à droite la liste des tables de routage. La lettre en haut de chaque table dit à quel routeur elle appartient, et une ligne $F \rightarrow B$ signifie que si j'ai un message pour F je dois l'envoyer à B.

On distribue ensuite des messages (2 ou 3 par routeur) avec une destination (des proches, des plus éloignées), et on laisse les enfants acheminer tout ça.

Étape 4 _____ On réfléchit un peu

Il peut être intéressant de se poser les questions suivantes (et bien sûr de laisser les participants y répondre) :

- tous les messages sont-ils bien arrivés? normalement oui.
- qu'est-ce qui était difficile? Gérer plein de messages, ne pas se perdre dans les tables, se faire appeler par plein de voisins d'un coup. Là si chacun attend de ne plus avoir de messages en main pour accepter les messages qu'on leur envoie ça devrait tout bloquer.
- pour qui était-ce le plus difficile? normalement pour les routeurs qui ont plus de voisins et donc font transiter plus de messages
- Quelle propriété doit avoir le réseau? Il faut qu'il y ait un chemin entre toute paire de routeurs. Si les enfants pensent que ça marche sur n'importe quel réseau, commencez à décrocher des mousquetons...
- Quelles propriétés doivent avoir les tables de routage? Il faut que si on suit ce qui nous est dit le message arrive. Il faut en particulier que chacun sache à qui envoyer chaque message, et que l'on n'ait pas de cycle (par exemple on ne veut pas que A envoie le message à B qui l'envoie à C qui l'envoie à A ... alors que le message est destiné à H).



A	B	C
B → B	A → A	A → A
C → C	C → C	B → B
D → C	D → C	D → D
E → C	E → C	E → E
F → B	F → F	F → B
G → C	G → F	G → E
H → C	H → C	H → E
D	E	F
A → C	A → C	A → B
B → C	B → C	B → B
C → C	C → H	C → G
E → H	D → H	D → B
F → C	F → G	E → G
G → H	G → G	G → G
H → H	H → H	H → G
G	H	
A → F	A → D	
B → F	B → D	
C → E	C → D	
D → E	D → D	
E → E	E → E	
F → F	F → E	
H → E	G → E	

FIGURE 1 – Réseau (à gauche) et tables de routage correspondantes (à droite) pour une configuration à 6 routeurs.

- A-t-on unicité des tables de routage ? Non, pas du tout, et on peut les laisser les modifier un peu, en regardant si besoin le plan du réseau sur une feuille (plus facile à voir ce qui est modifiable que quand on est un routeur).
- Entre différentes tables de routage qui marchent, peut-on dire qu’il y en a certaines de meilleures que d’autres ? Indice : chaque envoi de message coûte (du temps, de l’électricité, de l’argent). Oui, une table sera plus efficace si les messages vont plus vite. D’ailleurs l’exemple ci-dessus n’est pas optimal. Par exemple pour aller de F à C, passer par G n’est pas le chemin le plus court. De même si un routeur voit passer tous les messages, il risque fort d’être surchargé, c’est comme pour la circulation automobile : il faut éviter les embouteillages. On peut utiliser les itinéraires BIS
Exercice : optimiser les tables, se remettre en position et les tester

Étape 5 _____ Attention, réseau mouvant

Dans la vraie vie, la forme du réseau = qui est connecté à qui (on parle de topologie) change : un câble peut être coupé, un routeur en panne, ou on peut rajouter un nouveau routeur, des connexions etc. Que se passe-t-il dans ce cas-là ? Les tables de routage fonctionnent-elles toujours ? Evidemment non.

Là on peut enlever une ou plusieurs connexions entre deux routeurs (d’où l’utilité des mousquetons), tout en ne coupant pas le réseau en deux parties séparées, et demander aux participants de s’adapter.

Règles de communication Ils peuvent (et c’est très fortement conseillé) se concerter à l’avance tous ensemble pour définir l’algorithme (le protocole ?) qu’ils vont exécuter, mais après cela fini, plus de communication générale, il faut respecter les règles suivantes :

- on ne peut communiquer qu’avec ses voisins ,
- toutes les informations que l’on reçoit se font via des messages : on n’a pas le droit de dire “j’ai vu que”. Les routeurs ne se voient pas, ils ne voient que les câbles qui les connectent,
- pas de personne extérieure pour aller voir tout ce qu’il se passe partout,

- on a le droit de montrer sa table de routage à ses voisins (en vrai un routeur l’enverrait dans un message, mais recopier une table de routage sans se tromper ce n’est pas évident. Le faire x fois de suite c’est mission impossible).

Une “solution” Pour élaborer la stratégie, on peut les laisser faire, mais si besoin soulever les points suivants :

- Qu’est-ce que j’envoie à mes voisins ? (au final il faudra envoyer sa table de routage)
- Que faire si j’ai perdu la connexion avec un de mes voisins ? (le virer de notre table ainsi que tous les chemins qui passaient par lui)
- Que faire si j’ai un nouveau voisin, par exemple F ? (je note que le chemin vers F est direct : j’envoie à F)
- Que faire s’il me répond mais, alors que je passais par lui pour aller à D, me dit ne plus savoir accéder à D ? (je vire le chemin vers D qui passait par lui)
- Que faire si ce voisin peut accéder à F alors que moi je n’avais pas de chemin jusque F ? (je note que j’ai un chemin pour F et qui passe par lui)
- Quand est-ce qu’on s’arrête ? (chaque routeur, quand il modifie sa table, sait qu’il va devoir la renvoyer à ses voisins. Quand plus personne ne veut envoyer de message c’est fini (oui je sais en vrai dans un réseau on ne sait pas que plus personne ne veut envoyer de message, d’ailleurs les routeurs relancent régulièrement leur mise à jour de table))

Il y a donc 4 situations à gérer, plus la condition d’arrêt. Il peut être utile de les noter, visibles de tout le monde, pour que chacun-e puisse les appliquer sans se tromper.

Pour ne pas que ce soit le bazar, on peut faire envoyer les messages chaque routeur à son tour : A fait tous ses envois puis B etc. Et quand tout le monde y est passé, on recommence un tour et on demande à chaque routeur s’il a des envois à faire. Quand lors d’un tour personne ne veut plus rien envoyer c’est qu’on a fini.

Attention : appliquer cet algorithme avec 8 routeurs c’est long et on risque l’ennui et les erreurs. On peut essayer plutôt avec 4-5 routeurs, du moins au début.

Sauf que ça ne va pas L’algorithme ci-dessus est relativement simple, seulement il a un bug : on peut créer des cycles, comme on va le voir dans l’exemple ci-dessous. Le routeur D est déconnecté du reste du réseau, e une nouvelle connexion est créée entre A et C.



FIGURE 2 – Changement de topologie qui va planter notre algorithme simple

Comme le réseau était linéaire, A envoyait ses messages à D via B, B le faisait via C et C le faisait directement. Une fois qu’on change la topologie, C perd sa connexion à D, mais les 3 routeurs A, B et C ne vont pas s’en rendre compte, comme illustré dans la figure 3

En fait C va perdre sa connexion à D mais va recevoir de A l’info qu’on peut y aller via B (par un ancien chemin, actuellement inexistant, qui passait par C, mais ça A ne le sait pas).

On obtient donc un cycle A-B-C pour envoyer les messages à D et les routeurs ne se rendent pas compte que la connexion est perdue¹

La solution est d’ajouter les distances. A va à B via B distance 1. Du coup si on crée un cycle comme au-dessus, la distance (voir la nouvelle solution) va augmenter et si elle dépasse le diamètre du graphe (= la distance entre les deux routeurs les plus éloignés dans le graphe) alors on vire le chemin concerné de sa table. En pratique on va garder un diamètre petit, mettons 5 max².

1. On peut aussi créer un cycle aberrant sans avoir un routeur déconnecté du reste du réseau, mais il faut plus de routeurs et c’est plus difficile à mettre en oeuvre.

2. dans l’exemple de la Figure 3 le diamètre est seulement 3

Avant :

A	B	C	D
B → B	A → A	A → B	A → C
C → B	C → C	B → B	B → C
D → B	D → C	D → D	C → C

Réaction de A, il modifie sa table et l'envoie, C et D modifient leur tables et attendent leur tour pour envoyer :

A	B	C	D
B → B	A → A	A → B	A → ...
C → C	C → C	B → B	B → ...
D → B	D → C	D → ...	C → ...

B ne modifie rien, et n'envoie rien, par contre C a reçu la table de A et modifie sa table en conséquence, puis la renvoie :

A	B	C	D
B → B	A → A	A → B	A → ...
C → C	C → C	B → B	B → ...
D → B	D → C	D → A	C → ...

D n'a personne à qui envoyer quoi que ce soit, A et B n'ont pas modifié leur table donc tout le monde a terminé et l'algorithme s'arrête.

FIGURE 3 – Evolution des tables vers un cycle aberrant

En fait avec le type de tables toutes simples ci-dessus... ça ne peut pas fonctionner. Il n'y a pas moyen de savoir que le chemin qu'on suit va boucler³.

La solution nécessite que dans les tables on stocke pour chacun des autres routeurs à la fois à qui on doit faire suivre le message, mais aussi la distance qui nous sépare de notre destination (cf figures 4 et 5).

Une solution correcte Chacun montre sa table à ses voisins, et attend des réponses.

- Si un voisin ne répond pas, on le retire de la table de routage ainsi que toutes les destinations qui passaient par lui.
- Si un nouveau voisin répond, on l'ajoute avec distance 1.
- On regarde les tables de tous les voisins qui nous répondent, par exemple B
 - si on avait un chemin via B par exemple "F à distance 2 envoyer à B" et que B n'a plus de chemin vers F, on efface la ligne
 - si le chemin vers F existe toujours mais a changé de distance, on met à jour (la distance que nous dit B plus 1
 - si B nous donne un chemin de distance 3 vers H (qui ne soit pas via nous) et qu'on n'avait pas de chemin vers H, on le prend et on note "H distance 4 via B"
 - si B nous donne un chemin de distance 3 vers H et qu'on avait déjà un chemin via D de distance x vers H, on compare x et 3+1. Si 3+1 est < on remplace, sinon on laisse (distance x via H).

La figure 6 donne une illustration de cette solution correcte sur le réseau de la figure 2 qui créait des cycles.

Comme pour l'algo précédent, il peut être utile de faire envoyer les messages aux routeurs chacun son tour, et à chaque tour on demande qui veut réenvoyer sa table. On s'arrête quand plus personne n'a modifié sa table.

3. En pratique on a une solution pour que les messages ne bouclent pas : s'ils passent par trop de routeurs ils sont détruits. Cela évite que le nombre de messages augmente sans cesse et que le réseau sature à cause de messages "perdus".

A	B	C
B → B dist. 1	A → A dist. 1	A → A dist. 1
C → C dist. 1	C → C dist. 1	B → B dist. 1
D → C dist. 2	D → C dist. 2	D → D dist. 1
E → C dist. 2	E → C dist. 2	E → E dist. 1
F → B dist. 2	F → F dist. 1	F → B dist. 2
G → C dist. 3	G → F dist. 2	G → E dist. 2
H → C dist. 3	H → C dist. 3	H → E dist. 2
D	E	F
A → C dist. 2	A → C dist. 2	A → B dist. 2
B → C dist. 2	B → C dist. 2	B → B dist. 1
C → C dist. 1	C → H dist. 3	C → G dist. 3
E → H dist. 2	D → H dist. 2	D → B dist. 3
F → C dist. 3	F → G dist. 2	E → G dist. 2
G → H dist. 3	G → G dist. 1	G → G dist. 1
H → H dist. 1	H → H dist. 1	H → G dist. 3
G	H	
A → F dist. 3	A → D dist. 3	
B → F dist. 2	B → D dist. 3	
C → E dist. 2	C → D dist. 2	
D → E dist. 3	D → D dist. 1	
E → E dist. 1	E → E dist. 1	
F → F dist. 1	F → E dist. 3	
H → E dist. 2	G → E dist. 2	

FIGURE 4 – La table de routage avec distances pour le grand réseau

A	B	C	D
B → B dist. 1	A → A dist. 1	A → B dist. 2	A → C dist. 3
C → B dist. 2	C → C dist. 1	B → B dist. 1	B → C dist. 2
D → B dist. 3	D → C dist. 2	D → D dist. 1	C → C dist. 1

FIGURE 5 – La table de routage avec distances pour le petit réseau, avant

Étape 6 _____ Avec plus d'enfants

Vous avez plus de 6 participants et ne voulez pas faire un trop grand réseau ? Pas de problème. Il suffit de mettre 6 routeurs, et tous les autres enfants chacun rattaché à un routeur. Du coup ce n'est plus à vous de décider quoi mettre dans les messages, mais aux ordinateurs rattachés aux routeurs.

Il faut commencer par faire une liste de tous les "non routeurs" en disant pour chacun-e à quel routeur ils-elles sont rattaché-e-s, et mettre une copie de cette liste à disposition des ordinateurs "non routeurs" de chaque routeur.

Ensuite on trouve un prétexte pour d'une part occuper tout le monde et d'autre part justifier l'échange de messages. Ce que j'ai testé : leur faire faire un cadavre exquis : chaque groupe d'ordis rattachés à un même routeur écrit et envoie à d'autres ordis sur des routeurs différents des messages demandant à l'un un sujet, à l'autre un adjectif, à une autre encore un complément de lieu, à un autre un verbe transitif et à un dernier un complément d'objet direct⁴.

Par exemple Mitia et Jasmine sur le routeur A demandent un sujet à Brandon sur le routeur B, un adjectif à Jessica sur le routeur C, etc. Elles vont elles-mêmes recevoir des demandes de mots et y répondre. On soulève alors les problèmes/aspects suivants :

1. Les routeurs sont bien occupés : de chaque routeur vont partir 5 demandes de mots pour des destinations différentes, et les réponses vont revenir. S'ajoutent à cela tous les messages que le routeur ne fait que retransmettre.

4. Attention, cela peut durer un certain temps. Pour être plus modeste, on peut demander seulement 4 mots, ou demander sur un même message deux mots pour limiter les échanges.

C et D retirent les destinations impossibles, A note qu'il a C à distance 1 et envoie sa table.

A	B	C	D
B → B dist. 1	A → A dist. 1	A → B dist. 2	A → ... dist. ...
C → C dist. 1	C → C dist. 1	B → B dist. 1	B → ... dist. ...
D → B dist. 3	D → C dist. 2	D → ... dist. ...	C → ... dist. ...

B pouvait déjà aller à C directement, donc le message de A ne change rien pour lui, il n'envoie rien. Par contre C met sa table à jour.

A	B	C	D
B → B dist. 1	A → A dist. 1	A → B dist. 2	A → ... dist. ...
C → C dist. 1	C → C dist. 1	B → B dist. 1	B → ... dist. ...
D → B dist. 3	D → C dist. 2	D → A dist. 4	C → ... dist. ...

Comme il se rend compte que 4 est plus grand que le diamètre du réseau (avec 4 routeurs la distance maximale doit être de 3, il enlève le chemin vers D via A de sa table et envoie sa table qui ne contient pas de chemin vers D. A ne modifie rien mais B peut modifier sa table :

A	B	C	D
B → B dist. 1	A → A dist. 1	A → B dist. 2	A → ... dist. ...
C → C dist. 1	C → C dist. 1	B → B dist. 1	B → ... dist. ...
D → B dist. 3	D → ... dist. ...	D → ... dist. ...	C → ... dist. ...

A n'a pas changé sa table donc n'envoie rien. Quand B envoie sa table à A, celui-ci met la sienne à jour, et ces tables ne vont plus bouger même après l'envoi de A de sa nouvelle table :

A	B	C	D
B → B dist. 1	A → A dist. 1	A → B dist. 2	A → ... dist. ...
C → C dist. 1	C → C dist. 1	B → B dist. 1	B → ... dist. ...
D → ... dist. ...	D → ... dist. ...	D → ... dist. ...	C → ... dist. ...

FIGURE 6 – L'évolution des tables de routages améliorées pour le changement de topologie de la figure 2

2. Il faut réfléchir à comment rédiger le message. Change-t-on de papier pour envoyer la réponse? Comment la personne qui reçoit une demande de mot sait-elle à qui répondre?
3. D'expérience il y a des messages qui se perdent. Les équipes renvoient donc des demandes pour compléter leur phrase. Cela permet de se poser la question de comment un vrai réseau gère cela.
4. Certains routeurs se la coulent douce alors que d'autres rament. Peut-être que le réseau n'est pas connecté de la meilleure manière du coup.

A la fin quand chaque groupe a reçu ses 5 mots, il ne reste plus qu'à former des phrases et c'est rigolo. Les enfants ont adoré.

Étape 7 _____ Extensions possibles

- donner des tables de routages trop petites : chaque routeur ne peut noter que 5 chemins alors qu'il a 7 voisins, et pour cela mettre un routeur par défaut pour envoyer les messages qu'on ne sait pas à qui d'autre envoyer.
- mettre un système hiérarchique, comme les codes postaux : F 77130 veut dire France, département 77 code de ville 130. Si on veut envoyer à F 77000 on remonte au routeur 77 qui va redispacher. Si on veut envoyer à F 94190 on va devoir passer à un autre routeur départemental, et si on veut envoyer à L 4177 il faut passer à l'international
- donner une notion de temps de transmission, des accusés de réception et voir au bout de combien de temps on peut décider que le message est perdu (trop longtemps sans accusé de réception)

Étape 8 Annexe

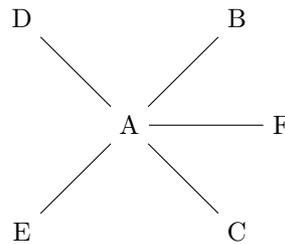
Dans la suite on trouve les documents à imprimer pour faire l'activité sur un réseau à 6 routeurs : topologies et tables de routage

Voici le réseau que j'utilise vraiment pour l'activité avec les enfants. 6 routeurs sont suffisants pour expérimenter le routage. Peut-être en faudra-t-il plus pour le réseau mouvant (changement de topologie), mais par manque de temps j'ai souvent eu une heure et assez à faire sans aborder en profondeur les changements de connexions. A gauche la version de départ et à droite après que le câble entre F et D a été déplacé pour relier C et D.



Exemples de réseaux à 6 routeurs également pour faire réfléchir les participants à ce qu'est un bon réseau ou pas. Eléments de réponse pour le réseau en étoile :

- la distance entre 2 routeurs est de maximum 2 câbles (c'est bien)
- le routeur central A va avoir bien plus de travail que les autres
- si le routeur A tombe en panne plus personne ne peut communiquer, il faut donc soit changer la topologie (fortement conseillé) soit surveiller A de très près.



Et pour le second réseau :

- la distance entre les routeurs A et F est très grande,
- Si un routeur tombe en panne cela coupe quasiment à tous les coups le réseau en 2 (mais il peut y avoir tout de même quelques communications entre certains routeurs),
- plus un routeur est vers le centre plus il risque d'avoir de travail.



On peut ensuite réfléchir à un bon compromis et un réseau qui n'aurait pas trop de câbles, mais qui assurerait une distance maximale entre les routeurs raisonnable et pour lequel la perte d'un routeur ou d'un câble ne coupe pas le réseau en deux.

La suite de ce document contient des versions imprimables grande taille des deux derniers réseaux, ainsi que les tables de routage à imprimer correspondant au premier réseau de ce document, et d'autres tables de routage vierges pour effectuer les mises à jour de tables.

Si vous pensez qu'autre chose serait utile, contactez moi marie.duflot-kremer@loria.fr

Table de A	Table de B
Pour A donne à ...	Pour A donne à A
Pour B donne à B	Pour B donne à ...
Pour C donne à C	Pour C donne à C
Pour D donne à B	Pour D donne à D
Pour E donne à E	Pour E donne à A
Pour F donne à E	Pour F donne à D

Table de C	Table de D
Pour A donne à A	Pour A donne à B
Pour B donne à B	Pour B donne à B
Pour C donne à ...	Pour C donne à B
Pour D donne à B	Pour D donne à ...
Pour E donne à A	Pour E donne à F
Pour F donne à A	Pour F donne à F

Table de E	Table de F
Pour A donne à A	Pour A donne à E
Pour B donne à A	Pour B donne à D
Pour C donne à A	Pour C donne à E
Pour D donne à F	Pour D donne à D
Pour E donne à ...	Pour E donne à E
Pour F donne à F	Pour F donne à ...

Tables de routage vierges pour un réseau à 6 routeurs

Table de A
Pour A → ...
Pour B →
Pour C →
Pour D →
Pour E →
Pour F →

Table de B
Pour A →
Pour B → ...
Pour C →
Pour D →
Pour E →
Pour F →

Table de C

Pour **A** \rightarrow

Pour **B** \rightarrow

Pour **C** \rightarrow ...

Pour **D** \rightarrow

Pour **E** \rightarrow

Pour **F** \rightarrow

Table de D

Pour **A** \rightarrow

Pour **B** \rightarrow

Pour **C** \rightarrow

Pour **D** \rightarrow ...

Pour **E** \rightarrow

Pour **F** \rightarrow

Table de E

Pour **A** \rightarrow

Pour **B** \rightarrow

Pour **C** \rightarrow

Pour **D** \rightarrow

Pour **E** \rightarrow ...

Pour **F** \rightarrow

Table de F

Pour **A** \rightarrow

Pour **B** \rightarrow

Pour **C** \rightarrow

Pour **D** \rightarrow

Pour **E** \rightarrow

Pour **F** \rightarrow ...

