

UIT-T G.7715.2/Y.1706.2

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

(02/2007)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE
TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX
NUMÉRIQUES

Données sur couche Transport – Aspects génériques –
Aspects commande des réseaux de transport

SÉRIE Y: INFRASTRUCTURE MONDIALE DE
L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET
RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION

Aspects relatifs au protocole Internet – Gestion,
exploitation et maintenance

Architecture de routage du réseau ASON et spécifications relatives à la recherche à distance de routes

Recommandation UIT-T G.7715.2/Y.1706.2

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G
SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION ET DES SYSTÈMES OPTIQUES	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION – ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
DONNÉES SUR COUCHE TRANSPORT – ASPECTS GÉNÉRIQUES	G.7000–G.7999
Généralités	G.7000–G.7099
Aspects commande des réseaux de transport	G.7700–G.7799
ASPECTS RELATIFS AUX PROTOCOLES EN MODE PAQUET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

Recommandation UIT-T G.7715.2/Y.1706.2

Architecture de routage du réseau ASON et spécifications relatives à la recherche à distance de routes

Résumé

La Recommandation UIT-T G.7715.2/Y.1706.2 décrit l'architecture de routage du réseau ASON et les spécifications relatives à la recherche à distance de routes.

Source

La Recommandation UIT-T G.7715.2/Y.1706.2 a été approuvée le 6 février 2007 par la Commission d'études 15 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

Mots clés

Contrôleur de connexion, contrôleur de routage, demandeur pour la recherche de routes, plan de commande, recherche à distance de routes, répondeur pour la recherche de routes, réseau ASON, routage hiérarchique.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2008

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application 1
2	Références normatives..... 2
3	Termes et définitions 2
3.1	Termes définis ailleurs 2
3.2	Termes définis dans la présente Recommandation 3
4	Abréviations..... 3
5	Conventions 3
6	Architecture générale..... 3
6.1	Recherche de routes telle qu'elle est utilisée par des fédérations de contrôleurs RC..... 4
6.2	Interface de recherche de routes 6
6.3	Calcul du trajet par un contrôleur RC unique ou par plusieurs contrôleurs RC..... 7
6.4	Relation hiérarchique entre des contrôleurs RC communicants..... 8
6.5	Découverte d'un répondeur pour la recherche de routes 9
6.6	Capacité du répondeur pour la recherche de routes..... 9
6.7	Messages de demande et de réponse concernant la recherche de routes..... 9
6.8	Contrôleurs de routage et leur adjacence..... 10
6.9	Canaux de communication pour les messages de recherche de routes 10
7	Spécifications..... 10
7.1	Spécifications d'architecture..... 10
7.2	Spécifications de découverte 11
7.3	Spécifications de protocole..... 11
Appendice I – Exemples de recherche à distance de routes 13	
I.1	Recherche à distance de routes en mode pas à pas..... 13
I.2	Recherche à distance simultanée de routes 15
I.3	Recherche à distance de routes en mode hiérarchique 17
I.4	Routage selon la source en mode hiérarchique utilisant l'interface de recherche de routes 19

Recommandation UIT-T G.7715.2/Y.1706.2

Architecture de routage du réseau ASON et spécifications relatives à la recherche à distance de routes

1 Domaine d'application

La présente Recommandation définit les spécifications et l'architecture applicables aux fonctions exécutées par les contrôleurs de routage (RC, *routing controller*) pendant l'opération de recherche à distance de routes. La recherche à distance de routes vise à calculer un ou plusieurs trajets de routage pour une connexion commutée (SC, *switched connection*) ou une connexion permanente reconfigurable (SPC, *soft permanent connection*) dans le cadre du réseau optique à commutation automatique (ASON, *automatically switched optical network*).

Pendant l'opération de recherche à distance de routes, un contrôleur RC (demandeur pour la recherche de routes) envoie un message RI_QUERY à un autre contrôleur RC (répondeur pour la recherche de routes) qui n'est pas associé au même ensemble de ressources de couche et si un trajet de routage (ou plus) est trouvé après les calculs, le répondeur pour la recherche de routes renvoie un message RI_UPDATE au demandeur pour la recherche de routes. Un groupe de contrôleurs RC peut donc calculer ensemble de cette manière un trajet de routage pour une connexion SC ou SPC.

L'interface de recherche de routes définie par [UIT-T G.8080] est utilisée par des contrôleurs de routage qui communiquent entre eux lors d'une opération de recherche à distance de routes. Il convient de noter que l'interface de recherche de routes est utilisée dans deux cas différents. Premièrement, un contrôleur de connexion (CC) pourrait demander à son contrôleur de routage un trajet de routage et deuxièmement, un contrôleur de routage (RC-X) pourrait envoyer une demande de trajet de routage à un autre contrôleur de routage (RC-Y), car le contrôleur (RC-X) a besoin de répondre à un contrôleur de connexion (CC-X) ou à un contrôleur de routage à distance (RC-A) concernant une recherche de routes. La présente Recommandation s'attache essentiellement à décrire le second cas, c'est-à-dire la communication entre deux contrôleurs de routage sous l'angle du calcul du trajet.

Les messages échangés entre des contrôleurs de routage pendant l'opération de recherche à distance de routes appartiennent à la même catégorie de messages de routage que ceux définis dans [UIT-T G.7715] et sont acheminés sur un réseau de communication de données (RCD). La présente Recommandation vise à établir une approche neutre en matière de protocole: autrement dit, il ne s'agit pas de spécifier un protocole particulier applicable à la communication entre des contrôleurs de routage pendant l'opération de recherche à distance de routes.

La question de l'algorithme de routage utilisé par un répondeur pour la recherche de routes pendant le calcul du trajet sort du cadre de la présente Recommandation.

2 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [UIT-T G.7712] Recommandation UIT-T G.7712/Y.1703 (2003), *Architecture et spécification du réseau de communication de données*.
- [UIT-T G.7713] Recommandation UIT-T G.7713/Y.1704 (2006), *Gestion répartie des appels et des connexions*.
- [UIT-T G.7713.1] Recommandation UIT-T G.7713.1/Y.1704.1 (2003), *Gestion répartie des appels et des connexions: basée sur l'interface réseau-réseau privée (PNNI)*.
- [UIT-T G.7713.2] Recommandation UIT-T G.7713.2/Y.1704.2 (2003), *Gestion répartie des appels et des connexions: mécanisme de signalisation DCM utilisant l'élément RSVP-TE de la commutation multiprotocolaire généralisée par étiquettes (GMPLS)*.
- [UIT-T G.7713.3] Recommandation UIT-T G.7713.3/Y.1704.3 (2003), *Gestion répartie des appels et des connexions: mécanisme de signalisation utilisant le protocole de distribution par étiquetage à acheminement par contraintes (CR-LPD) de la commutation multiprotocolaire généralisée par étiquettes (GMPLS)*.
- [UIT-T G.7715] Recommandation UIT-T G.7715/Y.1706 (2002), *Architecture et prescriptions de routage dans les réseaux optiques à commutation automatique*, plus Amendement 1 (2006).
- [UIT-T G.7715.1] Recommandation UIT-T G.7715.1/Y.1706.1 (2004), *Architecture et prescriptions de routage dans les réseaux optiques à commutation automatique pour les protocoles à états de liaison*.
- [UIT-T G.8080] Recommandation UIT-T G.8080/Y.1304 (2006), *Architecture du réseau optique à commutation automatique (ASON)*.
- [UIT-T G.8081] Recommandation UIT-T G.8081/Y.1353 (2004), *Termes et définitions des réseaux optiques à commutation automatique (ASON)*.

3 Termes et définitions

3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis ailleurs:

- 3.1.1 réseau de communication de données (RCD):** [ITU-T G.7712]
- 3.1.2 contrôleur de connexion (CC):** [UIT-T G.8080]
- 3.1.3 fédération:** [UIT-T G.8080]
- 3.1.4 contrôleur de protocole (PC, *protocol controller*):** [UIT-T G.8080]
- 3.1.5 zone de routage (RA, *routing area*):** [UIT-T G.8080]
- 3.1.6 contrôleur de routage (RC, *routing controller*):** [UIT-T G.8080]

3.1.7 base de données d'informations de routage (RDB, *routing information database*): [UIT-T G.8081]

3.1.8 connexion permanente reconfigurable (SPC, *soft permanent connection*): [UIT-T G.8080]

3.1.9 connexion commutée (SC, *switched connection*): [UIT-T G.8080]

3.1.10 adjacence de routage (RAdj, *routing adjacency*): [UIT-T G.7715]

3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.2.1 recherche à distance de routes: opération par laquelle un contrôleur de routage communique avec un autre contrôleur de routage qui ne dispose pas du même ensemble de ressources de couche, afin de collaborer au calcul d'un trajet de routage.

3.2.2 demandeur pour la recherche de routes: contrôleur de connexion ou contrôleur de routage qui envoie un message de recherche de routes à un contrôleur de routage pour lui demander un ou plusieurs trajets de routage susceptibles de répondre à une série de contraintes en matière de routage.

3.2.3 répondeur pour la recherche de routes: contrôleur de routage qui effectue le calcul du trajet à la réception d'un message de recherche de routes provenant d'un contrôleur de routage ou d'un contrôleur de connexion et qui renvoie une réponse à la fin du calcul.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

ASON réseau optique à commutation automatique (*automatically switched optical network*)

CC contrôleur de connexion (*connection controller*)

E-NNI interface réseau-réseau externe (*external network-network interface*)

NE élément de réseau (*network element*)

NNI interface réseau-réseau (*network-to-network interface*)

RC contrôleur de routage (*routing controller*)

RCD réseau de communication de données

SC connexion commutée (*switched connection*)

SPC connexion permanente reconfigurable (*switched permanent connection*)

5 Conventions

Aucune.

6 Architecture générale

L'opération de recherche à distance de routes fait partie des modèles de routage du réseau ASON définis dans [UIT-T G.8080]. Dans ces modèles, un contrôleur de routage qui ne dispose pas d'informations de routage suffisantes dans une base de données locale pour calculer un trajet de routage en réponse à une demande de connexion, peut communiquer avec un autre contrôleur de routage situé dans un emplacement éloigné pour lui demander son aide.

6.1 Recherche de routes telle qu'elle est utilisée par des fédérations de contrôleurs RC

Comme le décrit [UIT-T G.8080], un contrôleur de routage peut être mis en place sous la forme d'un ensemble réparti d'entités constituant une fédération coopérative, c'est-à-dire des fédérations de contrôleurs RC. Il y a lieu de distinguer deux aspects différents dans l'utilisation des fédérations de contrôleurs RC, à savoir:

- 1) des informations sur la topologie du routage peuvent être échangées entre des fédérations de contrôleurs RC ainsi qu'entre des contrôleurs RC au sein d'une même fédération. Cet aspect est décrit dans [UIT-T G.7715] et [UIT-T G.7715.1];
- 2) des messages de recherche de routes peuvent être échangés entre des fédérations de contrôleurs RC ainsi qu'entre des contrôleurs RC au sein d'une même fédération. Cet aspect est décrit dans la présente Recommandation.

A noter que ces deux aspects sont associés à des fonctions différentes réalisées par des contrôleurs de routage.

Les fédérations de contrôleurs RC utilisent différentes méthodes de calcul pendant l'opération de recherche à distance de routes, à savoir:

- 1) calcul à distance du trajet pas à pas;
- 2) calcul à distance du trajet en mode hiérarchique;
- 3) combinaison des deux méthodes précitées.

La Figure 1 illustre le cas du calcul pas à pas, les lignes en pointillés représentant les frontières entre les fédérations de contrôleurs RC. Il appartient à chaque contrôleur RC de calculer une partie du trajet de routage de bout en bout, qui se trouve généralement à l'intérieur de sa propre zone de routage. S'agissant de la portion du trajet de routage située en dehors de sa zone de routage, le contrôleur RC devrait commencer par déterminer quel est le prochain contrôleur RC de la chaîne qui appartient à une autre zone de routage. Cela suppose que le contrôleur RC est suffisamment bien informé pour dire quel est le prochain contrôleur RC approprié ou, dans le cas contraire, il doit communiquer (simultanément ou successivement) avec tous les contrôleurs RC voisins appartenant à une autre zone de routage pour trouver le contrôleur qui convient. Le contrôleur RC communique avec le contrôleur RC appartenant à une autre zone de routage pour lui demander de l'aider à calculer la portion restante du trajet de routage. De ce fait, le trajet complet de routage dans le cas d'une connexion de bout en bout est calculé collectivement par une série de contrôleurs RC en mode pas à pas.

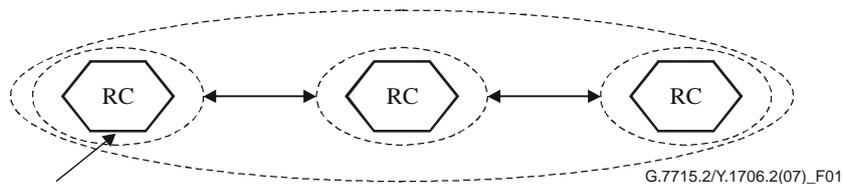


Figure 1 – Calcul à distance du trajet en mode pas à pas

La Figure 2 illustre le cas du mode hiérarchique, les lignes en pointillés représentant les frontières entre les fédérations de contrôleurs (RC). Chaque contrôleur RC au niveau enfant calcule des trajets de routage à l'intérieur de sa propre zone de routage. S'agissant des trajets de routage qui traversent les frontières des zones de routage, un contrôleur RC de niveau enfant demande une fonction de recherche à distance de routes en communiquant avec un ou plusieurs de ses RC parents qui résident au niveau supérieur suivant de la hiérarchie de routage du réseau ASON. Dans ce cas, le RC enfant et le RC parent fonctionnent respectivement comme demandeur et répondeur pour la recherche de routes. Un contrôleur RC parent peut en outre communiquer avec d'autres contrôleurs

RC enfants appartenant à d'autres zones de routage enfants au niveau hiérarchique inférieur suivant, en tant que paires composées respectivement d'un demandeur et d'un répondeur pour la recherche de routes. A noter que cette interaction entre les contrôleurs RC enfants et parents peut être renouvelée, permettant le calcul d'un trajet de routage entre plusieurs zones de routage.

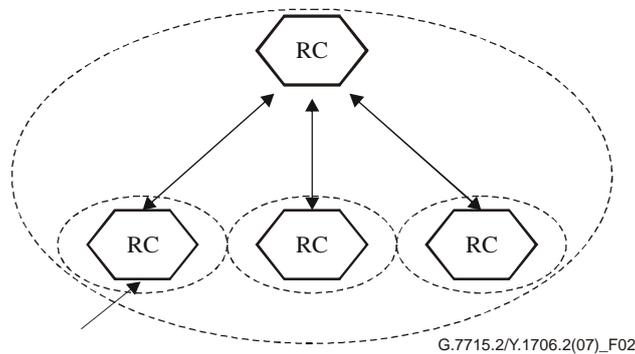


Figure 2 – Calcul à distance du trajet en mode hiérarchique

La Figure 3 illustre le cas fondé sur la combinaison des deux méthodes, les lignes en pointillés représentant les frontières entre les fédérations de contrôleurs RC. Chaque contrôleur RC calcule les trajets de routage qui se trouvent à l'intérieur de sa propre zone de routage. S'agissant des trajets qui traversent les frontières des zones de routage, il est possible de recourir à la méthode pas à pas ou au mode hiérarchique pour le calcul à distance du trajet. Pour le cas des fédérations de contrôleurs RC, F1 et F3, on utilise le calcul en mode hiérarchique, alors que pour la fédération de contrôleurs RC, F2, c'est la méthode pas à pas qui est utilisée. Dans le cas de la fédération de contrôleurs RC, F4, où la zone de routage se situe à un niveau hiérarchique plus élevé, les contrôleurs RC utilisent le mode pas à pas pour le calcul à distance du trajet.

Le mode de calcul à distance du trajet choisi par une fédération de contrôleurs RC dépend des circonstances, à savoir: modalités de diffusion des informations de routage, topologie du réseau, contraintes de routage associées à une demande de connexion donnée, nécessité d'optimiser le trajet, mesures d'ordre administratif, etc., dont les détails ne seront pas abordés dans la présente Recommandation.

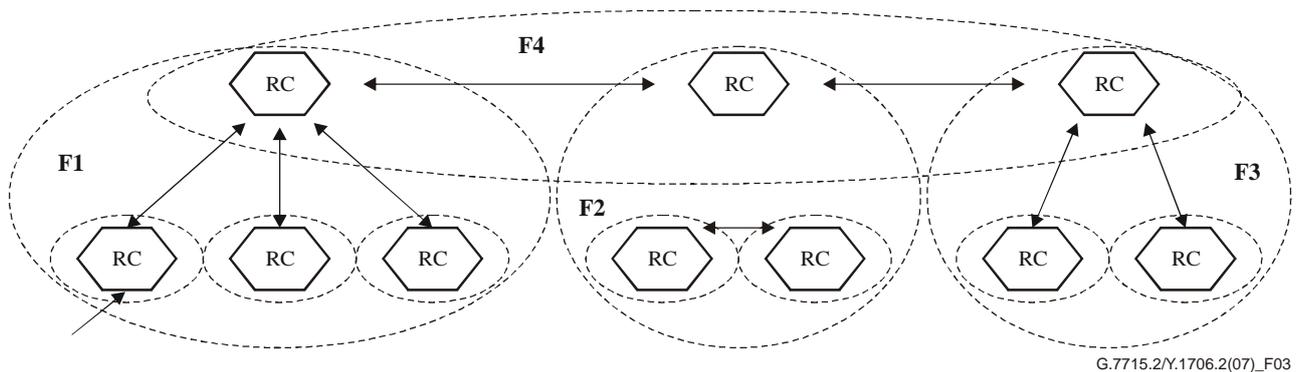


Figure 3 – Utilisation combinée des modes pas à pas et hiérarchique par des fédérations de contrôleurs RC

6.2 Interface de recherche de routes

[UIT-T G.8080] définit une interface de recherche de routes associée à un contrôleur de routage (RC), qui peut être utilisée dans l'un des deux cas suivants:

- recherches de routes de la part du contrôleur de connexion (CC);
- recherches de routes de la part d'un autre contrôleur (RC).

Dans le premier cas, un contrôleur de connexion (CC) utilise l'interface de recherche de routes du contrôleur RC pour demander à un contrôleur RC de lui indiquer une route dès qu'il reçoit une demande de connexion; le contrôleur RC, dès qu'il en a reçu la demande, calculerait une route en consultant sa base de données d'informations de routage (RDB, *routing information database*) associée. S'il trouve une route, le contrôleur RC répondra au contrôleur CC et celui-ci continuera alors à établir la connexion parallèlement à la route qui a été mise à sa disposition. Si les contrôleurs CC et RC ne sont pas situés au même endroit, l'interface de recherche de routes entre le contrôleur CC et le contrôleur RC devient une interface exposée et, conformément à [UIT-T G.8080], il convient d'utiliser un contrôleur de protocole (PC, *protocol controller*) à l'une ou à l'autre extrémité, afin de permettre aux contrôleurs CC et RC de communiquer, comme le montre la Figure 4 entre les contrôleurs CC et RC1.

Dans le second cas, lorsqu'un contrôleur RC (RC1) n'est pas en mesure de trouver une route vers la destination donnée à partir de sa base de données RDB associée (RDB1), il peut utiliser l'interface de recherche de routes pour communiquer avec un autre contrôleur RC (RC2) qui peut l'aider à calculer une route à partir de sa base de données associée (RDB2) vers la destination donnée. Le contrôleur RC2 renverra sa portion de route au contrôleur RC1 qui, à son tour, renverra la totalité de la route au contrôleur CC. Dans ce second cas, l'interface de recherche de routes entre les contrôleurs RC1 et RC2 peut, ici aussi, être une interface exposée et il faudra l'intervention des protocoles PC pour que les contrôleurs RC puissent communiquer. Une illustration est fournie à la Figure 4 entre les contrôleurs RC1 et RC2. La présente Recommandation étudie plus particulièrement le calcul du trajet applicable à la communication entre deux contrôleurs RC.

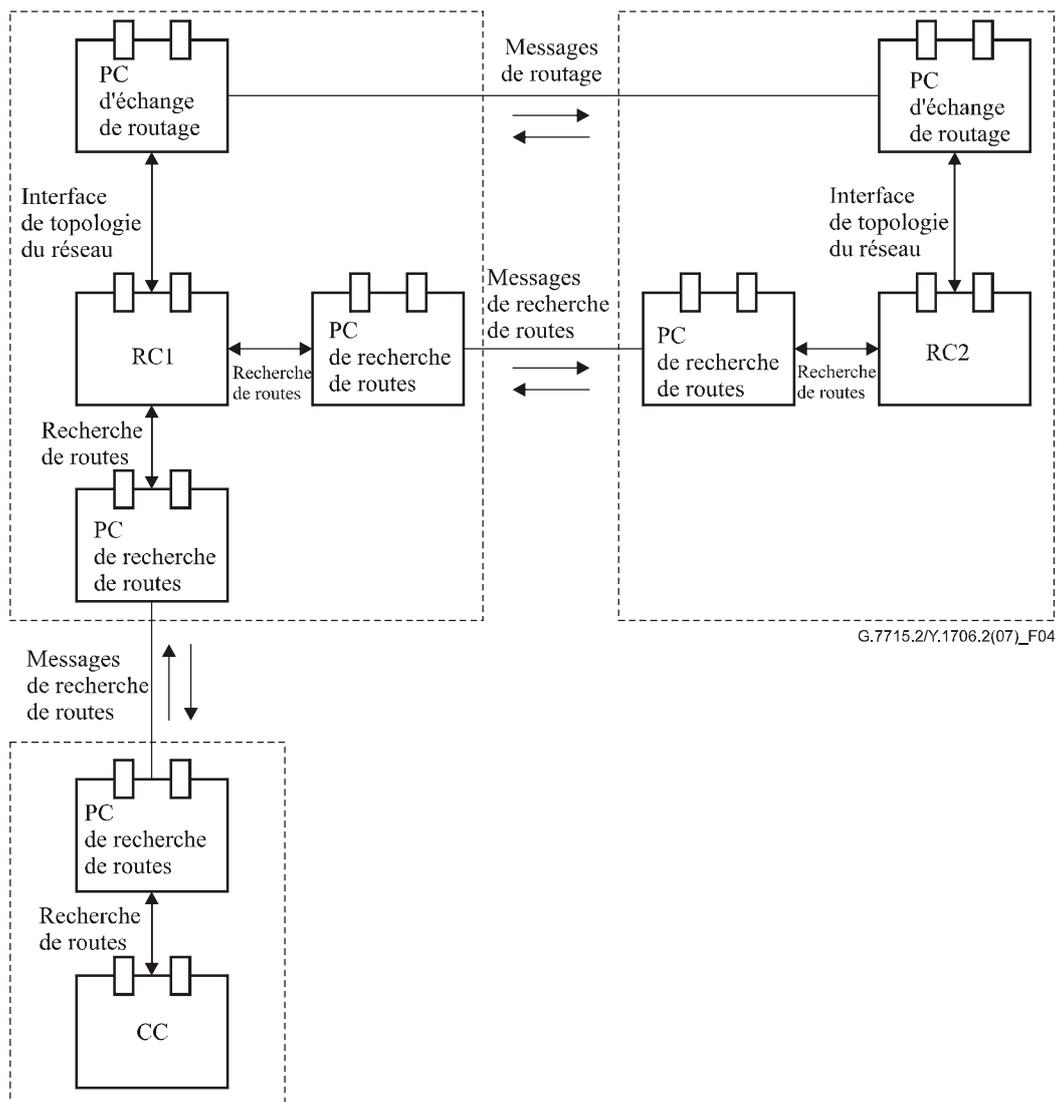


Figure 4 – Interfaces exposées de recherche de routes CC-RC et RC-RC

On notera que, dans le premier cas, le contrôleur CC ne connaît pas la structure de la fédération de contrôleurs de RC et, à ce titre, son comportement ainsi que les primitives qu'il utilise constituent un sous-ensemble des éléments correspondants utilisés par un contrôleur RC sur l'interface de recherche de routes RC-RC.

6.3 Calcul du trajet par un contrôleur RC unique ou par plusieurs contrôleurs RC

Dans le cas d'une connexion de bout en bout, le trajet de routage peut être calculé par un contrôleur RC unique ou collectivement par plusieurs contrôleurs RC, les deux scénarios étant appelés, respectivement, modèle centralisé et modèle réparti de recherche à distance de routes. Toutefois, l'un et l'autre modèle correspondent à un aspect différent de la recherche à distance de routes effectuée par une fédération de contrôleurs RC, en plus des modes pas à pas ou hiérarchique décrits au § 6.1.

Sur la Figure 5-a, un contrôleur RC1 envoie un message de recherche de routes à un contrôleur RC2, qui, à son tour, renvoie un message de réponse indiquant la route au contrôleur RC1. Le trajet de routage dans le cas d'une connexion de bout en bout est donc calculé par un seul contrôleur RC (RC2) et ce scénario est appelé recherche centralisée à distance de routes.

De plus, s'il dispose d'une partie mais pas de la totalité des informations de routage qui satisfont à l'ensemble des contraintes de routage associées à la demande de connexion d'origine, le contrôleur RC2 peut continuer de communiquer avec encore un autre contrôleur de routage, par exemple, le contrôleur RC3 (voir la Figure 5-b). Si le contrôleur RC3 peut mener à bien le reste de sa tâche de recherche de routes, il renvoie alors une réponse au contrôleur RC2 qui ajoutera sa propre contribution (le cas échéant) à la réponse finale avant de renvoyer ces informations au contrôleur RC1. Autrement dit, le modèle de recherche de routes devrait être le suivant: la recherche de routes pour n'importe quelle connexion donnée devrait pouvoir être calculée par un seul contrôleur RC ou collectivement par plusieurs contrôleurs RC.

Lorsqu'une recherche de routes est faite collectivement par de nombreux contrôleurs RC, les messages échangés entre chaque paire de RC communiquant entre eux sont privés et, en réalité, leur communication est totalement transparente par rapport à la totalité des autres contrôleurs RC en cause, le cas échéant. Sur la Figure 5-b, seul le contrôleur RC d'origine (RC1) sait qu'un contrôleur RC2 va recevoir un message de recherche de routes et l'aidera dans sa recherche, sans savoir que le contrôleur RC2 peut communiquer avec d'autres contrôleurs RC. Lorsqu'un contrôleur RC3 reçoit un message de recherche de routes du contrôleur RC2, il renvoie une recherche de routes à celui-ci sans savoir que la demande initiale provient du contrôleur RC1.

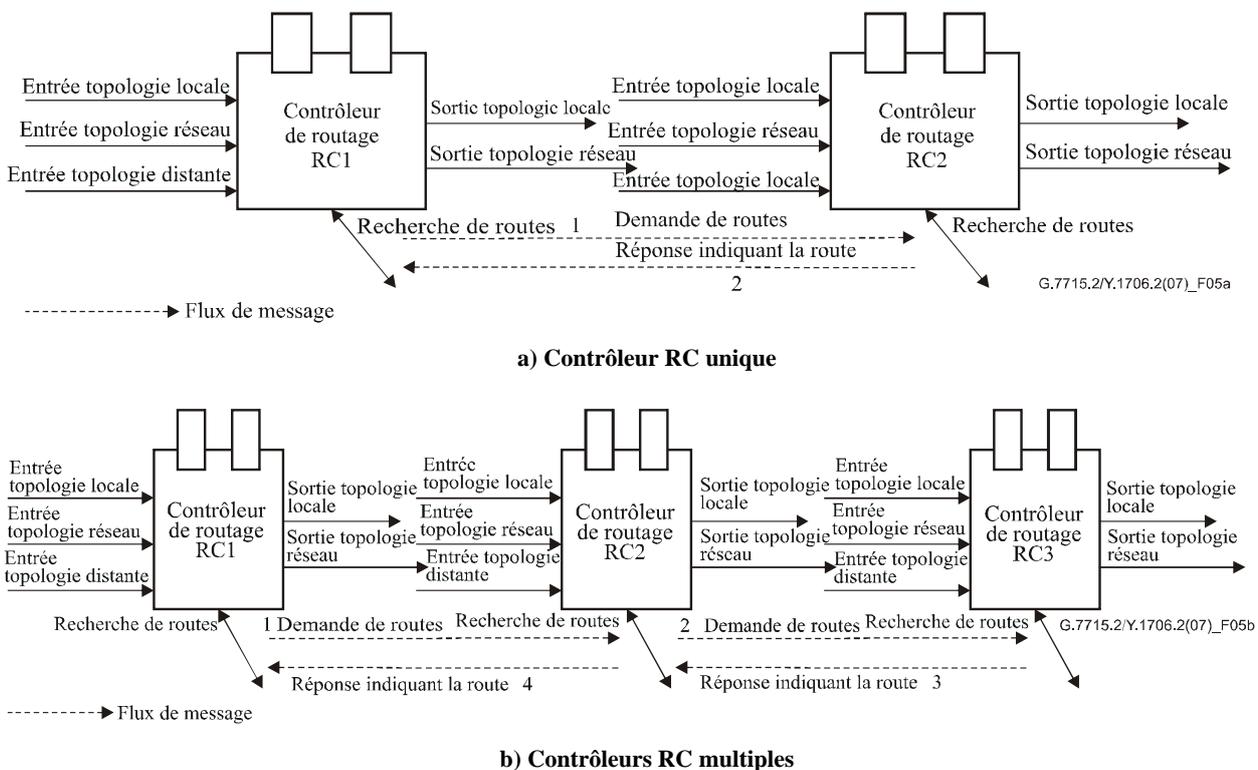


Figure 5 – Calcul du trajet

6.4 Relation hiérarchique entre des contrôleurs RC communicants

L'acheminement dans le réseau ASON est fondé sur l'architecture hiérarchique décrite dans [UIT-T G.8080]. De ce fait, une association est établie entre une paire de contrôleurs de routage dans le contexte d'une relation hiérarchique. Pour des raisons pratiques, un contrôleur de routage, en tant que répondeur pour la recherche de routes, se situe toujours à un niveau supérieur ou inférieur de la hiérarchie, par rapport au contrôleur de routage en tant que demandeur associé pour la recherche de routes. Il pourrait éventuellement être demandé à un contrôleur de routage de niveau hiérarchique supérieur d'exécuter des fonctions de répondeur pour la recherche de routes car sa situation hiérarchique lui permet en général d'avoir un aperçu topologique plus vaste du réseau ou du sous-réseau et qu'il peut être en mesure de calculer et de proposer un trajet de routage qui

traverse une portion plus importante du réseau ou du sous-réseau. Par ailleurs, il pourrait éventuellement être demandé à un contrôleur de routage de niveau hiérarchique inférieur d'exécuter des fonctions de répondeur pour la recherche de routes car un contrôleur de routage de ce type possède généralement plus d'informations détaillées sur la topologie de son propre réseau ou sous-réseau et peut être à même de calculer et de proposer un trajet de routage qui sera proche du trajet physique du réseau ou sous-réseau associé ou en sera le trajet exact.

6.5 Découverte d'un répondeur pour la recherche de routes

Avant qu'un demandeur pour la recherche de routes communique avec un répondeur pour la recherche de routes, il doit impérativement connaître l'emplacement (adresse ou nom) de ce dernier et le processus est appelé "découverte" du répondeur pour la recherche de routes.

Si un contrôleur de routage (RC) est capable de calculer le trajet pour d'autres contrôleurs RC, son emplacement peut être préconfiguré de façon statique sur d'autres contrôleurs RC ou, sinon, être acquis de manière dynamique par d'autres contrôleurs, par l'intermédiaire de mécanismes de protocole. Les deux méthodes de découverte peuvent coexister sur le même réseau ou sous-réseau. La découverte d'un ou de plusieurs contrôleurs de routage en tant que répondeur pour la recherche de routes fait partie de l'initialisation du plan de commande.

6.6 Capacité du répondeur pour la recherche de routes

Un contrôleur de routage peut ou non être en mesure d'effectuer un calcul du trajet de routage pour aider d'autres contrôleurs de routage ou être préconfiguré à cet effet. Lorsqu'un contrôleur de routage est en mesure de s'acquitter d'une telle tâche, il existe un ensemble d'attributs associés à la capacité fonctionnelle de calcul du trajet dont tout demandeur pour la recherche de routes aimerait avoir connaissance avant d'envoyer un message de demande de recherche de routes.

Il existe deux types de capacités susceptibles d'être associées à tel ou tel répondeur pour la recherche de routes, à savoir:

1) *Calcul du trajet en fonction de contraintes*

Les contraintes de routage sont généralement associées aux attributs de routage dont les attributs relatifs aux nœuds, les attributs des liaisons, etc., définis dans [UIT-T G.7715] et [UIT-T G.7715.1].

2) *Calcul du trajet en fonction de la politique adoptée*

Exemples de mesures qui pourraient être utilisées lors du calcul du trajet:

- calculer des trajets en tenant compte de l'équilibre des charges;
- calculer des trajets de routage de part et d'autre de l'interface E-NNI;
- calculer un trajet de remplacement;
- calculer et renvoyer un trajet de routage en toute confidentialité aux demandeurs pour la recherche de routes.

La capacité associée à un répondeur pour la recherche de routes peut être connue par un demandeur potentiel, dans le cadre de l'initialisation du plan de commande. Un demandeur pour la recherche de routes qui connaît la capacité d'un répondeur pour la recherche de routes serait en mesure de décider s'il y a lieu de communiquer avec lui pour calculer un trajet de routage donné, en fonction de la capacité du répondeur, compte tenu des contraintes de routage associées.

6.7 Messages de demande et de réponse concernant la recherche de routes

Ces messages qui sont échangés entre un demandeur et un répondeur pour la recherche de routes font partie des messages d'information de routage acheminés sur des points de référence de l'interface NNI, comme cela est décrit dans la représentation abstraite définie au § 8.2 de [UIT-T G.7715].

En particulier, les deux messages abstraits ci-après sont utilisés à cet effet:

- **RI_QUERY**: ce message, défini au § 8.2 de [UIT-T G.7715], est utilisé quand un demandeur pour la recherche de routes envoie un message de recherche de routes à un répondeur pour la recherche de routes;
- **RI_UPDATE**: ce message, défini au § 8.2 de [UIT-T G.7715], est utilisé quand un répondeur pour la recherche de routes renvoie un message de réponse indiquant la route à un demandeur pour la recherche de routes.

Le message échangé en ce qui concerne une recherche de routes est toujours déclenché par un demandeur pour la recherche de routes. Les informations acheminées par des messages de recherche de routes dépendent du protocole proprement dit qui est utilisé à cet effet et sortent du cadre de la présente Recommandation.

6.8 Contrôleurs de routage et leur adjacence

Lorsque deux contrôleurs de routage jouent respectivement le rôle de demandeur et de répondeur pour la recherche de routes, ils forment une adjacence de routage qui représente une association logique entre les deux contrôleurs de routage. La constitution d'une adjacence de routage entre une paire composée d'un demandeur et d'un répondeur pour la recherche de routes a pour objet d'assurer une communication fiable et satisfaisante entre eux. On notera que la durée d'une adjacence entre deux contrôleurs de routage dans le contexte d'une recherche à distance de routes peut varier.

La nature de l'adjacence entre deux contrôleurs de routage, dans le contexte d'une recherche à distance de routes, est la même que lorsque deux contrôleurs de routage échangent des informations sur la topologie de routage, raison pour laquelle ces deux contrôleurs peuvent aussi échanger des messages de maintenance d'adjacence de routage, comme cela est indiqué au § 8.1 de [UIT-T G.7715] pour assurer le maintien de leur adjacence. Les détails concernant les messages de maintenance de routage entre deux contrôleurs RC adjacents sortent du cadre de la présente Recommandation.

6.9 Canaux de communication pour les messages de recherche de routes

Les messages échangés entre des demandeurs et des répondeurs pour la recherche de routes, y compris les messages de recherche de routes et de réponse indiquant la route ainsi que les messages de maintenance d'adjacence, sont acheminés sur un réseau de communication de données (RCD).

7 Spécifications

S'agissant de la recherche à distance de routes, différentes spécifications sont recommandées dans les domaines suivants: architecture, protocole et découverte du répondeur pour la recherche de routes.

7.1 Spécifications d'architecture

Parmi les spécifications d'architecture applicables à la fonction de recherche à distance de routes, il y a lieu de citer notamment ce qui suit:

- dans le cadre du réseau ASON, un trajet de routage pour une connexion SC ou SPC peut être calculé à l'aide de la fonction de recherche à distance de routes, bien qu'il ne s'agisse pas là de la seule méthode. D'autres méthodes de routage, décrites dans le § 10 de [UIT-T G.7715], peuvent aussi être utilisées;
- la fonction de recherche à distance de routes peut également servir à calculer le trajet de routage à l'intérieur d'une zone de routage ou de part et d'autre de l'interface E-NNI dans le cadre du réseau ASON;

- dans l'opération de recherche à distance de routes, le rôle dévolu à un contrôleur RC, c'est-à-dire un demandeur ou un répondeur pour la recherche de routes, dépend de l'activité réelle qu'il exerce pour calculer un trajet donné. Lorsqu'un contrôleur RC communique avec un autre contrôleur RC pour qu'il l'aide à calculer n'importe quel trajet donné, il est un demandeur pour la recherche de routes; lorsqu'un contrôleur RC reçoit d'un autre contrôleur RC une demande de calcul de n'importe quel trajet donné, il est un répondeur pour la recherche de routes. On notera qu'un contrôleur RC peut être à la fois un demandeur et un répondeur pour la recherche de routes pour le calcul d'un trajet donné mais dans le contexte d'un demandeur et d'un répondeur homologues différents;
- si la fonction de recherche à distance de routes est demandée, un trajet de routage peut être calculé collectivement par un ou plusieurs contrôleurs de routage;
- des considérations de politique devraient être incluses pendant l'opération de recherche à distance de routes. L'aspect politique jouerait un rôle dans les domaines suivants: choix d'un répondeur pour la recherche de routes, choix d'un trajet de routage de part et d'autre de l'interface E-NNI, etc. Cet aspect relève du plan de gestion.

7.2 Spécifications de découverte

Dans ce contexte, la découverte consiste, pour un contrôleur de routage, à connaître l'emplacement d'un autre contrôleur de routage (n'appartenant pas au même élément NE) qui est capable de calculer le trajet pour le compte d'autres contrôleurs. Après la découverte, des messages de recherche de routes peuvent être échangés entre un demandeur et un répondeur pour la recherche de routes. Les spécifications applicables sont notamment les suivantes:

- la découverte de n'importe quel répondeur pour la recherche de routes peut se faire de manière dynamique via à un mécanisme de protocole ou de manière statique via à une préconfiguration;
- un contrôleur de routage est autorisé à découvrir un ou plusieurs répondeurs pour la recherche de routes;
- la découverte de l'emplacement d'un répondeur pour la recherche de routes peut être associée à un ensemble de capacités qui pourraient s'avérer utiles à un contrôleur de routage avant que celui-ci lui envoie un message RI_QUERY. Toutefois, la connaissance de ces capacités n'est pas obligatoire pour la fonction de découverte.

7.3 Spécifications de protocole

Au cours d'une recherche à distance de routes, un demandeur et un répondeur pour la recherche de routes échangent des messages de routage définis dans [UIT-T G.7715], qui s'appuie sur un protocole de communication. Si les caractéristiques détaillées du protocole de communication sortent du cadre de la présente Recommandation, il convient toutefois d'en indiquer certaines spécifications, à savoir:

- le protocole doit prendre en charge la maintenance d'adjacence de routage ainsi que l'échange d'informations de routage, définis respectivement aux § 8.1 et 8.2 de [UIT-T G.7715] dans le contexte de la recherche à distance de routes;
- le protocole doit être en mesure d'acheminer des messages d'informations de routage compatibles avec le cadre du réseau ASON, y compris l'architecture de routage et de signalisation;
- les informations de routage acheminées par le protocole renvoyé par un répondeur pour la recherche de routes peuvent être utilisées par n'importe quel protocole de signalisation comme cela est indiqué dans [UIT-T G.7713.1], [UIT-T G.7713.2], ou [UIT-T G.7713.3], en toute impartialité;

- lorsqu'un répondeur pour la recherche de routes renvoie le message RI_UPDATE au demandeur pour la recherche de routes, il doit pouvoir protéger la confidentialité du réseau ou du sous-réseau auquel le trajet calculé est associé en recourant à des techniques telles que la référence indirecte, le chiffrement, etc.

Appendice I

Exemples de recherche à distance de routes

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation)

L'architecture de recherche à distance de routes permet une souplesse, tant au niveau de l'implémentation que de l'utilisation par les opérateurs de réseau. Par exemple, le trajet de routage pour une connexion de bout en bout peut être calculé en mode centralisé ou réparti; de plus, un tel trajet peut être calculé par une fonction de recherche à distance de routes en application du mode pas à pas ou du mode hiérarchique ou encore d'une combinaison des deux méthodes.

De pair avec l'architecture de la recherche à distance de routes, il existe un certain nombre d'éléments et d'interfaces: interface de recherche de routes, demandeur pour la recherche de routes, répondeur pour la recherche de routes, contrôleurs de routage et leurs fédérations, contrôleurs de connexion, etc. Au cours de l'opération de recherche à distance de routes, les interactions entre ces éléments varient en fonction de l'implémentation et des applications du réseau.

Le présent appendice contient plusieurs exemples d'utilisations possibles des fonctions de recherche à distance de routes, y compris les interactions entre contrôleurs RC et leurs fédérations, entre contrôleurs CC et RC, etc., avec leurs différents modes de fonctionnement. Ces exemples illustrent différents aspects architecturaux ainsi que l'adaptabilité associée à la recherche à distance de routes dans le contexte du réseau ASON. Toutefois, ils ne sont pas exhaustifs.

I.1 Recherche à distance de routes en mode pas à pas

La Figure I.1 représente une connexion de bout en bout qui traverse trois zones de routage. Le ou les contrôleurs RC dans chaque zone RA sont responsables du calcul d'une portion du trajet de routage dans cette zone et les contrôleurs RC de zones RA différentes communiquent entre eux afin de calculer d'autres segments du trajet à travers les frontières des zones de routage. Dans cet exemple, le mode pas à pas est utilisé.

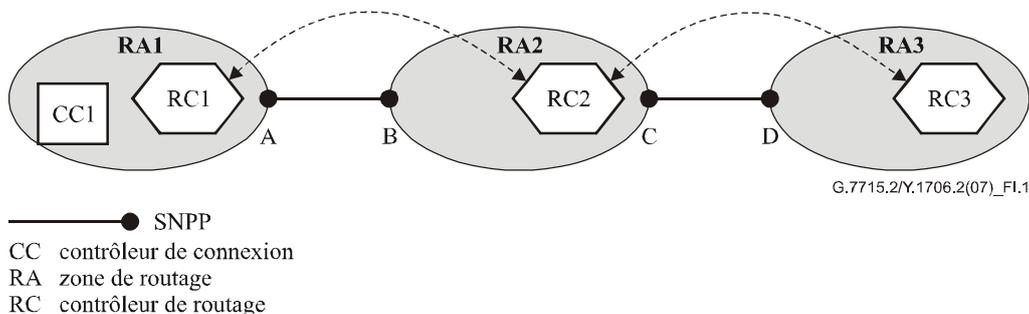


Figure I.1 – Exemple de topologie d'une recherche de routes pas à pas

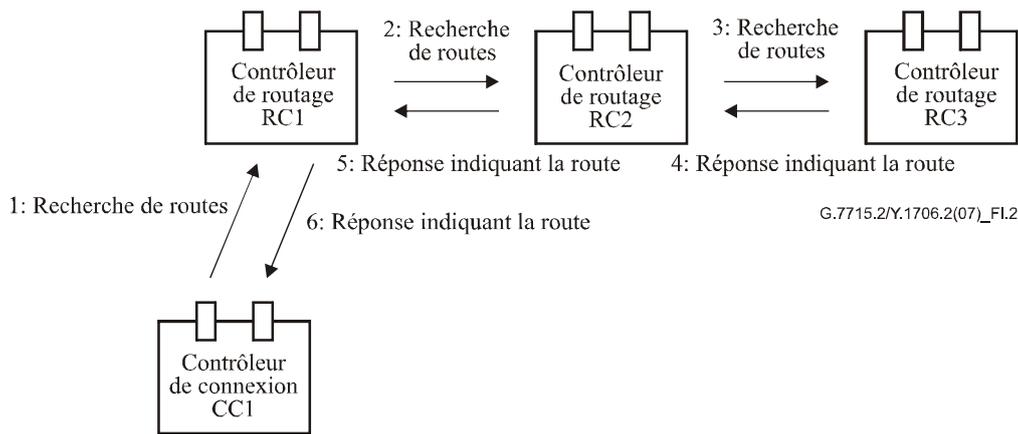


Figure I.2 – Interactions entre éléments d'une recherche de routes pas à pas

Les interactions entre éléments intervenant dans une recherche à distance de routes pas à pas sont illustrées, à titre d'exemple, à la Figure I.2. La procédure est la suivante:

- 1) le contrôleur CC1 envoie au contrôleur RC1 un message de recherche de routes, qui peut, à titre facultatif, être assorti de contraintes;
- 2) le contrôleur RC1 constate que la réserve SNPP de destination ne se trouve pas à l'intérieur de la zone de routage dont il a la responsabilité. Un message de recherche de routes est envoyé au contrôleur RC2, pour demander l'établissement d'un trajet à partir de la réserve SNPP B;
- 3) le contrôleur RC2 constate que la réserve SNPP de destination ne se trouve pas à l'intérieur de la zone de routage dont il a la responsabilité. Un message de recherche de routes est envoyé au contrôleur RC3, pour demander l'établissement d'un trajet à partir de la réserve SNPP D;
- 4) lorsqu'il reçoit le message de recherche de routes, le contrôleur RC3 constate que la réserve SNPP de destination se trouve à l'intérieur de sa zone de routage. Le contrôleur RC3 détermine le trajet vers la réserve SNPP de destination, qui est renvoyé comme réponse au contrôleur RC2. Le trajet débute au niveau de la réserve SNPP D;
- 5) le contrôleur RC2 sait que la réserve SNPP D dans la zone RA3 est connectée à la réserve SNPP C dans la zone RA2. Il calcule donc un trajet vers la réserve SNPP C et l'ajoute à la route mise à disposition par le contrôleur RC3. Ce trajet composite, qui part de la réserve SNPP B, est renvoyé comme réponse au contrôleur RC1;
- 6) le contrôleur RC1 sait que la réserve SNPP B dans la zone RA2 est connectée à la réserve SNPP A dans la zone RA1. Il calcule donc un trajet vers la réserve SNPP A et l'ajoute à la route mise à disposition par le contrôleur RC2 (qui comprend la route mise à disposition par le contrôleur RC3). Ce trajet de bout en bout est retourné au contrôleur CC1. Celui-ci peut lancer le processus d'établissement de la connexion.

La procédure de recherche à distance de routes pas à pas est visualisée sur le diagramme séquentiel de la Figure I.3:

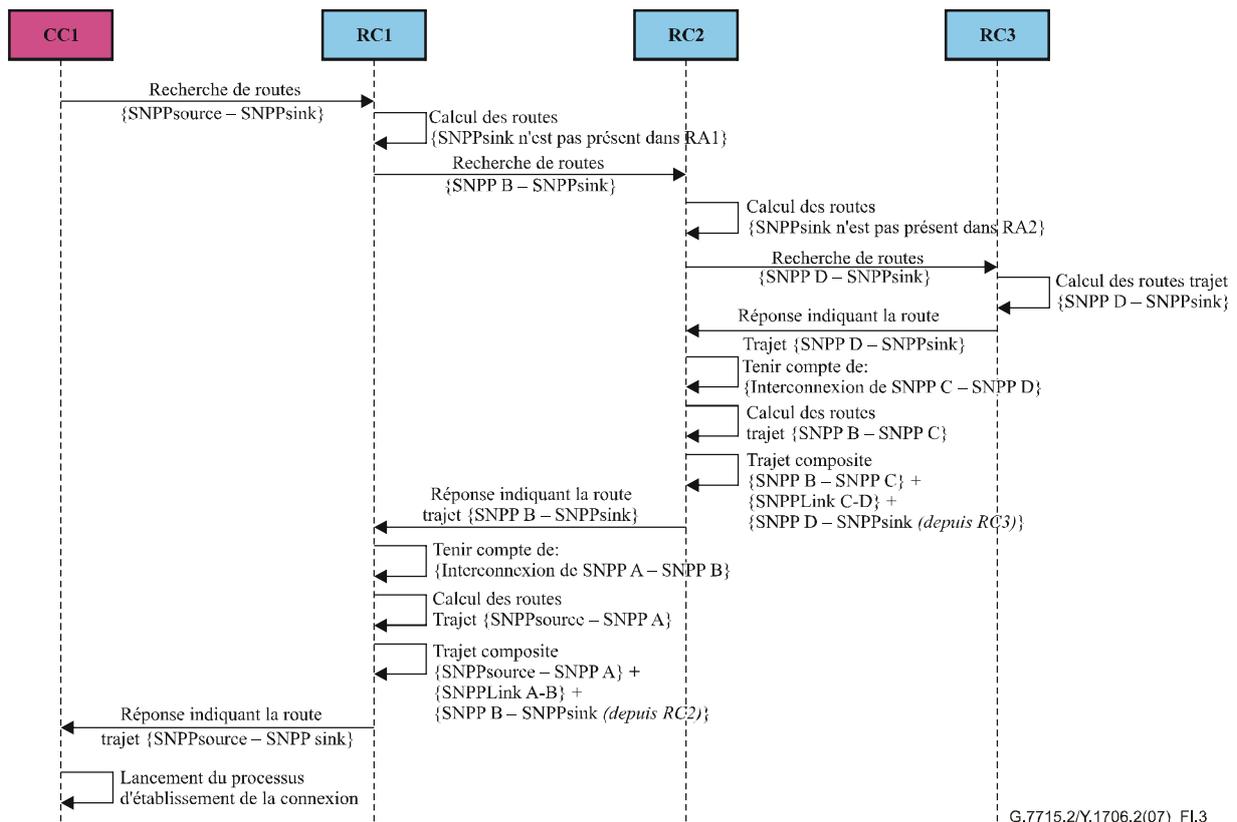


Figure I.3 – Diagramme séquentiel d'une recherche de routes pas à pas

I.2 Recherche à distance simultanée de routes

Sur la Figure I.4, une connexion de bout en bout est demandée, la réserve SNPP source se trouve dans la zone RA1 et la réserve SNPP de destination dans la zone RA3. En supposant que le contrôleur RC de la zone RA1 ne sache pas dans quelle zone de routage se trouve la réserve SNPP de destination, il communique simultanément avec les contrôleurs RC dans les zones RA2 et RA3 pour calculer le trajet.

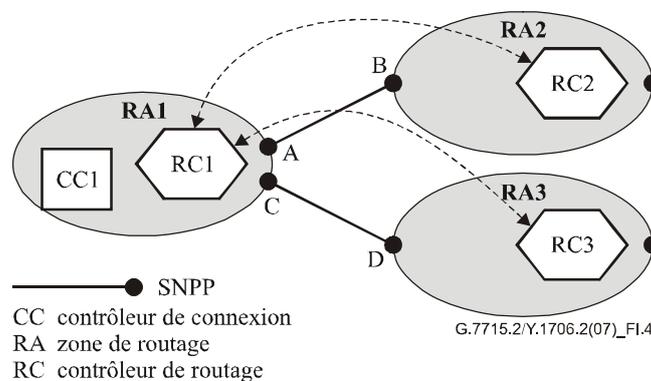


Figure I.4 – Exemple de topologie d'une recherche simultanée de routes

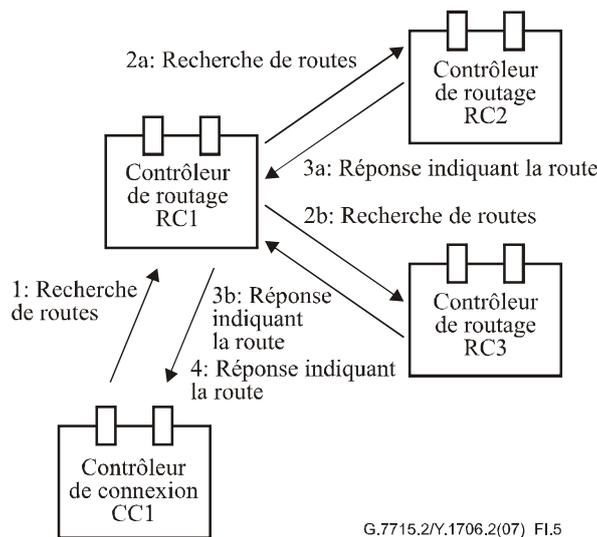


Figure I.5 – Interactions entre éléments d'une recherche simultanée de routes

Les interactions entre éléments sont illustrées, à titre d'exemple, sur la Figure I.5. La procédure est la suivante:

- 1) le contrôleur CC1 envoie au contrôleur RC1 un message de recherche de routes qui peut, à titre facultatif, être assorti de contraintes;
- 2) le contrôleur RC1 constate que la réserve SNPP de destination ne se trouve pas à l'intérieur de la zone de routage dont il a la responsabilité. Ne sachant pas si la réserve SNPP de destination se trouve dans la zone RA2 ou RA3, il envoie simultanément aux contrôleurs RC2 et RC3 un message de recherche de routes distinct pour demander l'établissement d'un trajet à partir des réserves respectives SNPP B et SNPP D.

Le contrôleur RC1 doit réexaminer les réponses renvoyées par les contrôleurs RC2 et RC3 et choisit uniquement un trajet de routage optimal, le cas échéant. Un scénario possible est décrit ci-après;

- 3) le contrôleur RC2 reçoit le message de recherche de routes et constate que la réserve SNPP de destination ne se trouve pas à l'intérieur de sa zone de routage et qu'elle n'est pas atteignable, de sorte qu'il envoie une réponse au contrôleur RC1 en lui indiquant qu'aucune route n'a été trouvée;
- 4) le contrôleur RC1 reçoit l'indication envoyée par le contrôleur RC2. Aucune autre mesure n'est prise;
- 5) lorsque le contrôleur RC3 reçoit le message de recherche de routes, il constate que la réserve SNPP de destination ne se trouve pas à l'intérieur de sa zone de routage. Il décide alors du trajet vers la réserve SNPP de destination qui est renvoyé comme réponse au contrôleur RC1. Le trajet part de la réserve SNPP D;
- 6) le contrôleur RC1 sait que la réserve SNPP D dans la zone RA3 est connectée à la réserve SNPP C dans la zone RA1. Ce contrôleur calcule un trajet vers la réserve SNPP C et l'ajoute à la route mise à disposition par le contrôleur RC3. Le trajet de bout en bout est retourné au contrôleur CC1;
- 7) le contrôleur CC1 lance le processus d'établissement de la connexion.

La procédure de recherche à distance simultanée de routes est visualisée sur le diagramme séquentiel de la Figure I.6:

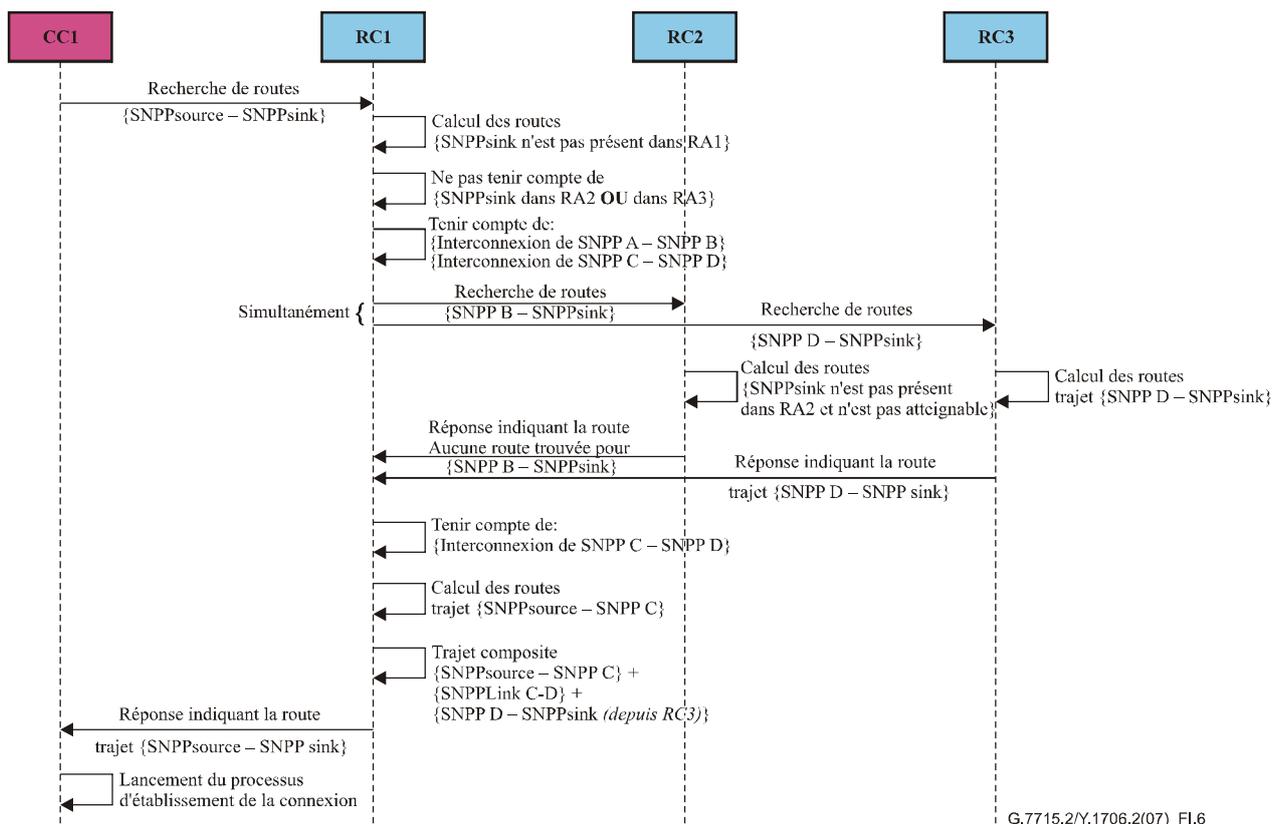


Figure I.6 – Diagramme séquentiel d'une recherche de route simultanée

I.3 Recherche à distance de routes en mode hiérarchique

Sur la Figure I.7, qui représente une demande de connexion de bout en bout, la réserve SNPP source se trouve dans la zone RA1 et la réserve SNPP de destination dans la zone RA3 et la connexion passe aussi à travers la zone RA2. Il existe une zone RA de routage au niveau parent (RA11) dans la hiérarchie de routage immédiatement supérieure et le contrôleur RC parent présent (RC11) exécute la fonction de recherche à distance de routes en collaboration avec les contrôleurs RC1, RC2 et RC3 dans les zones RA de niveau enfant afin de calculer les trajets de routage à travers les frontières des zones de routage.

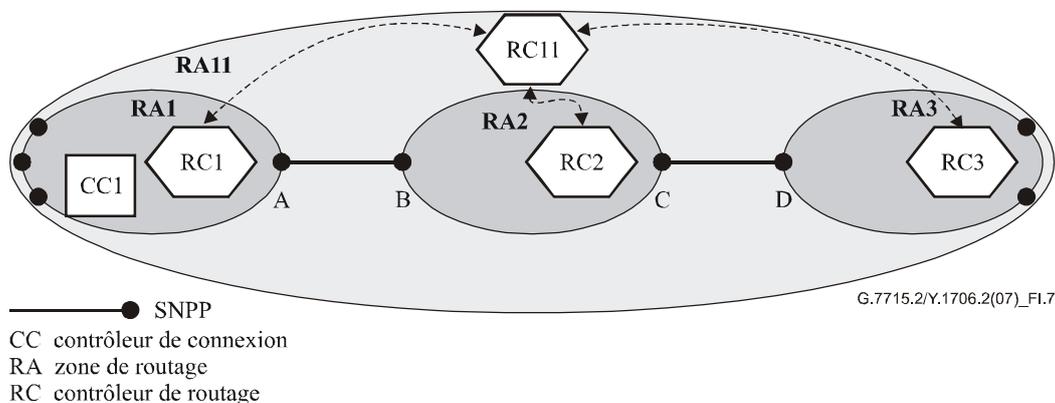


Figure I.7 – Exemple de topologie d'une recherche de routes en mode hiérarchique

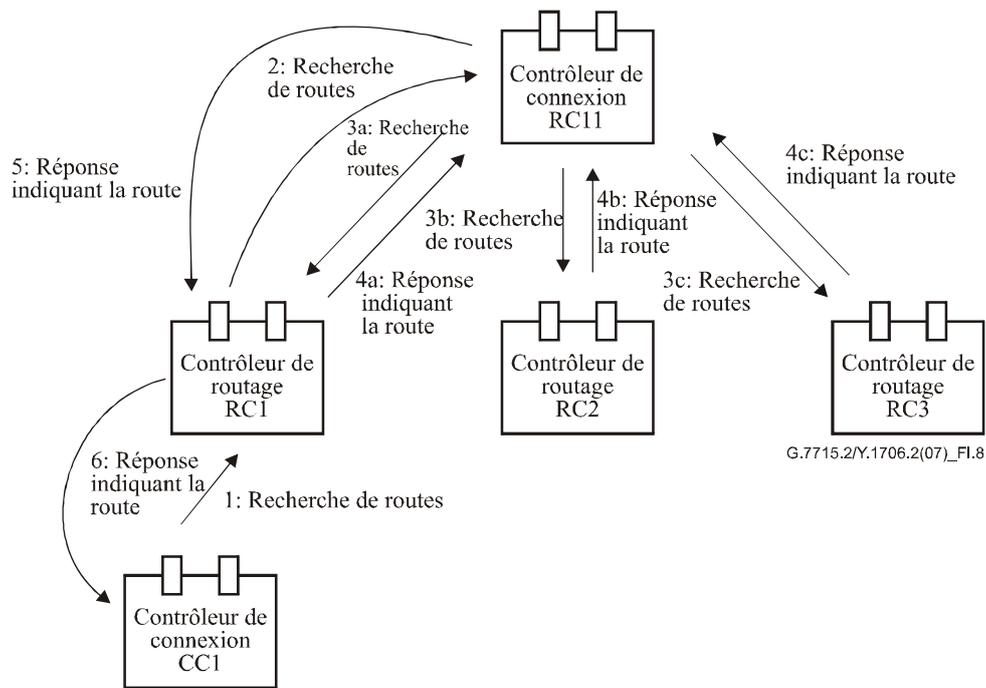


Figure I.8 – Interactions entre éléments de la recherche de routes en mode hiérarchique

Les interactions entre éléments sont illustrées, à titre d'exemple, sur la Figure I.8. La procédure est la suivante:

- 1) le contrôleur CC1 envoie un message de recherche de routes au contrôleur RC1 qui appartient à la même zone de routage que le contrôleur CC1;
- 2) le contrôleur RC1 ne dispose pas d'informations suffisantes pour répondre à la recherche de calcul du trajet et envoie un message de recherche de routes à son contrôleur de routes RC11 au niveau parent, qui est censé être en mesure de déterminer le trajet requis;
- 3) le contrôleur RC11 consulte la base de données d'informations de routage associée et constate que la réserve SNPP de destination appartient à la zone RA3, qui peut être atteinte par l'intermédiaire de la liaison A-B de la réserve SNPP entre les zones RA1 et RA2, puis par la liaison C-D de la réserve SNPP entre les zones RA2 et RA3. Le contrôleur RC11 envoie un message de recherche de routes au contrôleur RC1 pour calculer le trajet entre la source et la réserve SNPP A, au contrôleur RC2 pour calculer le trajet entre les réserves SNPP B et SNPP C et au contrôleur RC3 pour calculer le trajet entre la réserve SNPP D et la réserve SNPP de destination;
- 4) les contrôleurs RC1, RC2 et RC3 renvoient les résultats correspondants du calcul du trajet au contrôleur RC11;
- 5) le contrôleur RC11 rassemble toutes les réponses et les réunit en une route complète de bout en bout qui est finalement renvoyée au contrôleur RC1, qui à son tour, renvoie le trajet au contrôleur CC1;
- 6) la route de bout en bout est reçue par le contrôleur CC1 qui lance le processus d'établissement de la connexion.

La procédure de recherche à distance de routes en mode hiérarchique est visualisée sur le diagramme séquentiel de la Figure I.9:

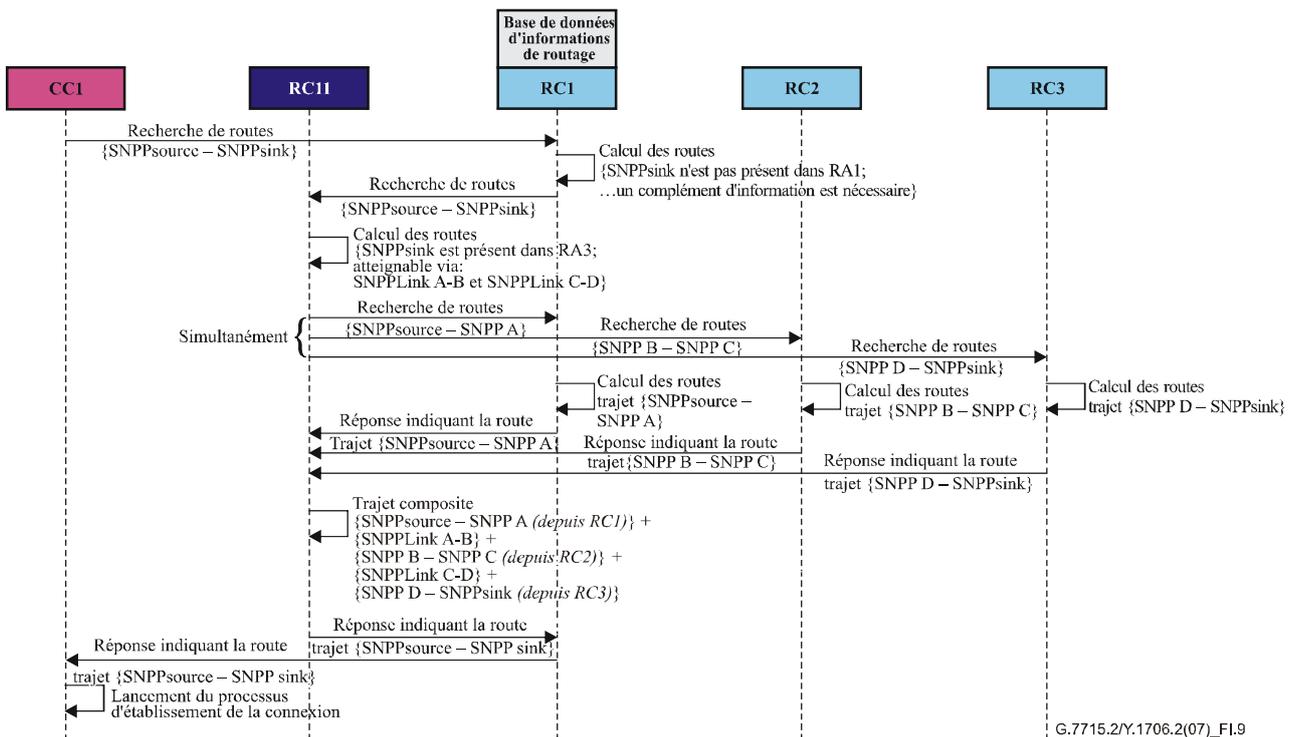


Figure I.9 – Diagramme séquentiel d'une recherche de routes en mode hiérarchique

I.4 Routage selon la source en mode hiérarchique utilisant l'interface de recherche de routes

Sur la Figure I.10, qui représente une demande de connexion de bout en bout, la réserve SNPP source est associée au nœud A dans la zone RA1 et la réserve SNPP de destination est associée au nœud I dans la zone RA3 et la connexion passe aussi à travers la zone RA2. Il existe également une zone RA de routage au niveau parent (RA0) dans la hiérarchie de routage immédiatement supérieure où les trois contrôleurs RC de niveau parent se trouvent sur les mêmes nœuds que leurs contrôleurs RC de niveau enfant et sont désignés par les lettres C, D et H.

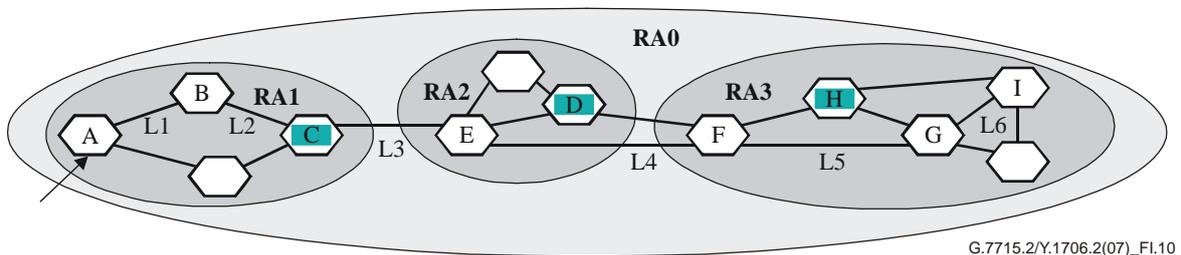


Figure I.10 – Routage selon la source en mode hiérarchique utilisant l'interface de recherche de routes

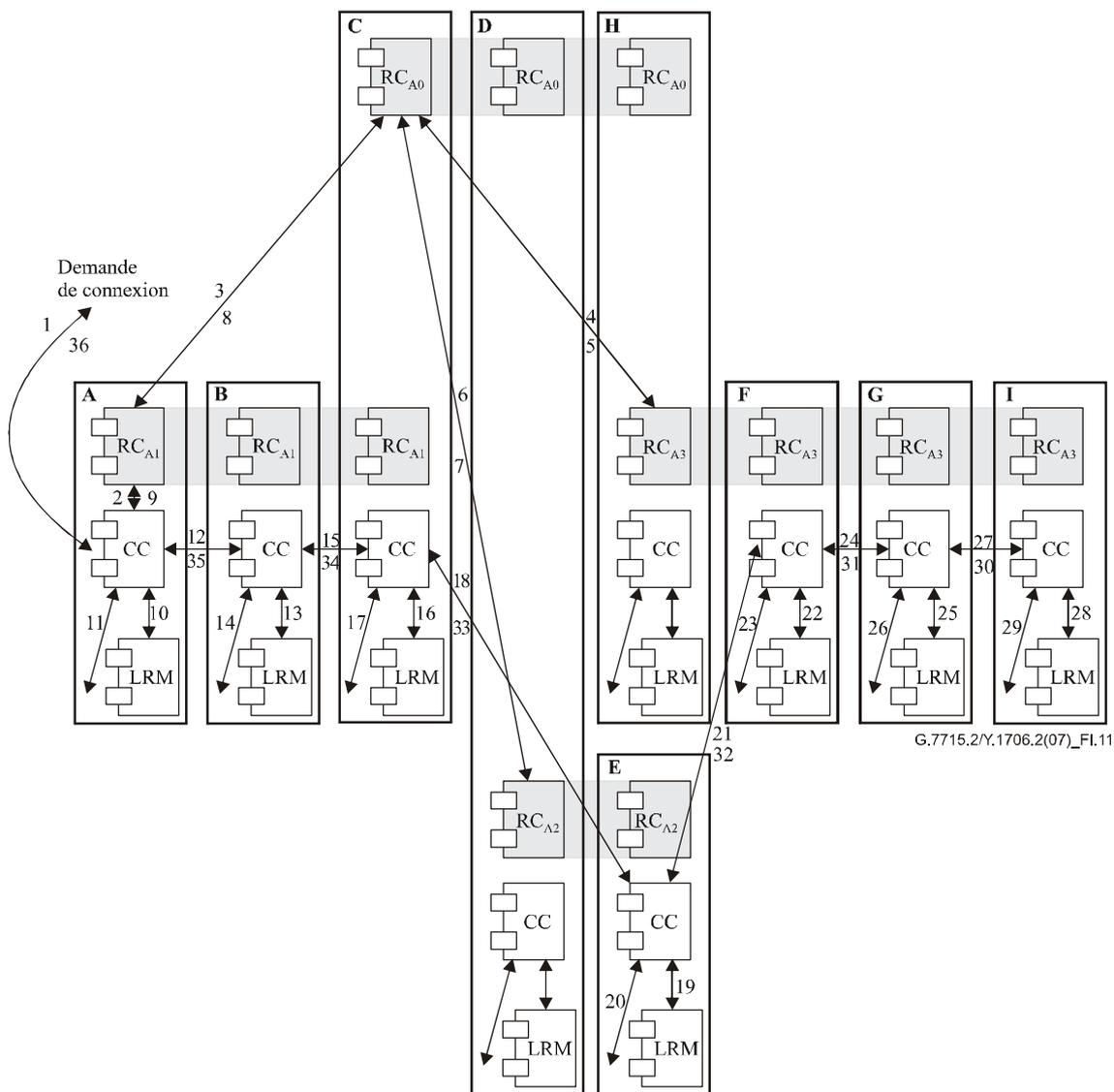


Figure I.11 – Interactions entre éléments de routage selon la source en mode hiérarchique

La Figure I.11 illustre la séquence détaillée des opérations intervenant dans l'établissement d'une connexion qui utilise le routage selon la source avec recherche de routes RC-RC. La notation RC_{A1} , RC_{A2} , etc., représente le contrôleur de routage dans les zones A1, A2, etc. Les éléments de la communication proprement dits peuvent être facilités par d'autres éléments intermédiaires – par exemple, la communication entre RC_{A0} sur le nœud C et RC_{A2} sur le nœud D peut être réalisée grâce au transfert du message via RC_{A0} sur le nœud D.

La procédure de routage selon la source en mode hiérarchique est visualisée sur le diagramme séquentiel de la Figure I.12:

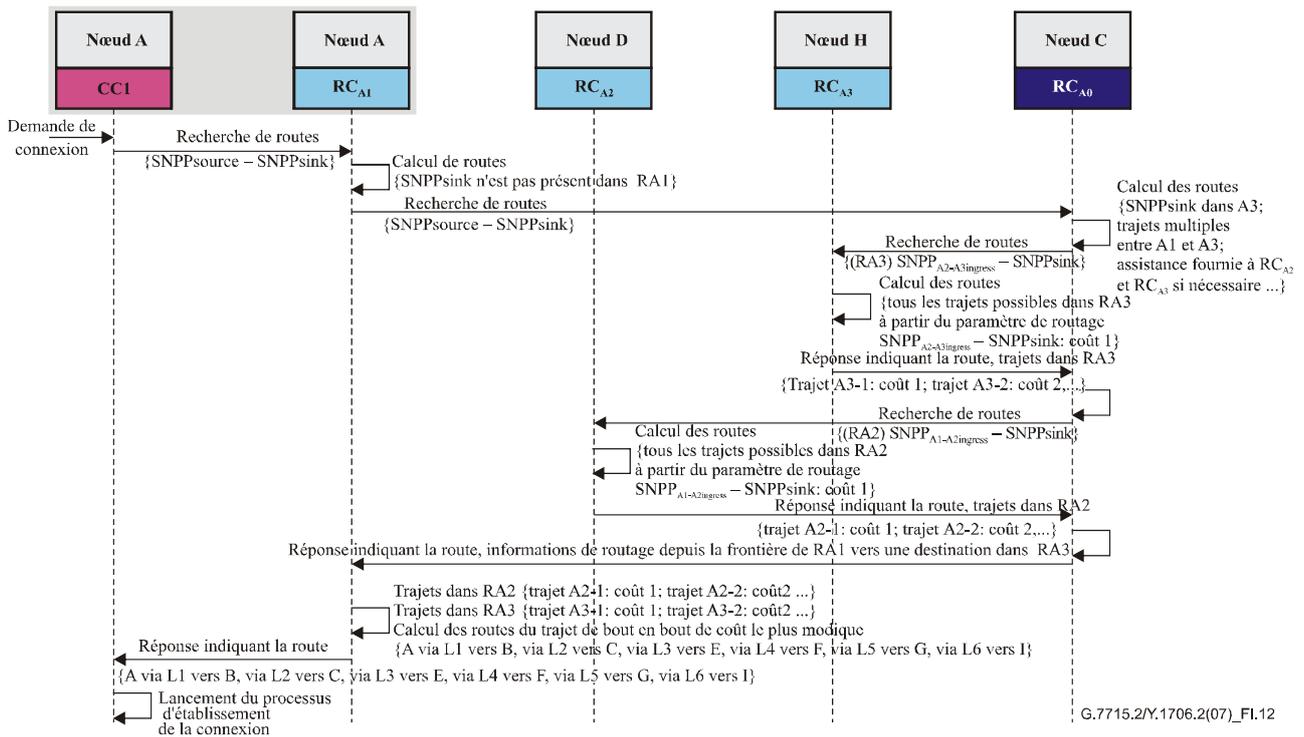


Figure I.12 – Diagramme séquentiel de routage en fonction de la source en mode hiérarchique

Les différentes étapes sont énumérées ci-après.

- 1) Une demande de connexion, spécifiée sous la forme d'une paire de noms (A et Z) située à la frontière du sous-réseau est reçue au niveau du contrôleur de connexion (CC_A) en provenance de l'interface d'entrée_de_demande_de_connexion.
- 2) Le contrôleur de routage RC_{A1} sur le nœud A est interrogé (en utilisant le point SNP de l'extrémité Z sur l'interface de recherche de routes).
- 3) Le contrôleur de routage RC_{A1} sur le nœud A reconnaît que l'adresse de destination n'est pas visible dans la zone A1 de sorte qu'il envoie une recherche de routes au contrôleur RC_{A0} sur le nœud C pour qu'il fournisse une aide au niveau de l'interface de recherche de routes. Alors que le contrôleur RC_{A1} sur le nœud C dispose des mêmes informations de routage que le contrôleur RC_{A1} sur le nœud A puisqu'ils sont situés dans une zone de routage commune, le contrôleur RC_{A0} sur le nœud C peut voir la destination si bien que le calcul d'un trajet est possible.
- 4) Dans l'opération de calcul d'un trajet vers la destination, le contrôleur RC_{A0} sur le nœud C reconnaît que pour atteindre la destination il a besoin d'atteindre la zone A3. Toutefois, étant donné qu'il existe des trajets multiples entre les zones A1 et A3, il a besoin de l'aide des contrôleurs RC_{A2} et RC_{A3} pour déterminer le meilleur trajet. Par conséquent, le contrôleur RC_{A0} sur le nœud C adresse une recherche au contrôleur RC_{A3} sur le nœud H pour déterminer la liaison à utiliser entre les zones A2 et A3.
- 5) Le contrôleur RC_{A3} sur le nœud H calcule les trajets possibles à partir des liaisons entrant dans la zone A3 à partir de la zone A2 vers la destination à l'intérieur de la zone A3. A partir de là, le contrôleur peut déterminer les coûts d'utilisation de l'un ou l'autre des trajets et renvoyer ces informations au contrôleur RC_{A0} sur le nœud C.

- 6) Tout comme le contrôleur RC_{A3} sur le nœud H, le contrôleur RC_{A0} sur le nœud C envoie une recherche au contrôleur RC_{A2} sur le nœud D pour définir les trajets entre les liaisons de sortie qui sortent de la zone A2 et entrent dans la zone A3 ainsi que les liaisons d'entrée qui entrent dans la zone A2 à partir de la zone A1.
- 7) Le contrôleur RC_{A2} sur le nœud D calcule les trajets possibles à travers la zone A2, et renvoie ces informations au contrôleur RC_{A0} sur le nœud C.
- 8) Le contrôleur RC_{A0} sur le nœud C fournit au contrôleur RC_{A1} sur le nœud A la liste des trajets établis à partir de la frontière de la zone A1 jusqu'à la destination dans la zone A3 et indique le coût total pour chaque trajet établi.
- 9) Le contrôleur RC_{A1} sur le nœud A dispose maintenant des informations nécessaires pour calculer un trajet à travers la zone A1 à partir des informations de coût fournies par le contrôleur RC_{A0} sur le nœud C afin de déterminer le trajet de bout en bout le moins cher. Pour le reste de l'exemple, on suppose que le trajet choisi va de A à B, via L1, à C via L2, à E via L3, à F via L4, à G via L5 et à I via L6. Le contrôleur renvoie la réponse au contrôleur CC sur le nœud A, qui lance le processus d'établissement de la demande de connexion de bout en bout à partir de la route (A, L1, L2, L3, L4, L5, L6 et Z).
- 10) Une connexion de liaison est obtenue du gestionnaire LRM_A , sur l'interface de demande de connexion de liaison, pour la liaison L1, qui est locale pour le nœud A.
- 11) La connexion SNC appropriée est établie sur le commutateur local (le contrôleur n'est pas représenté).
- 12) La demande de connexion (L2, L3, L4, L5, L6 et Z) est alors transmise au contrôleur CC suivant sur le nœud B (sur l'interface de sortie/d'entrée de coordination homologue).
- 13) Le gestionnaire LRM_B prend en charge la liaison L2, de sorte qu'une connexion de liaison est obtenue à partir de cette liaison sur l'interface de demande de connexion de liaison.
- 14) La connexion SNC appropriée est établie sur le commutateur local (le contrôleur n'est pas représenté).
- 15) La demande de connexion (L3, L4, L5, L6 et Z) est alors transmise au contrôleur CC suivant sur le nœud C (sur l'interface de sortie/d'entrée de coordination homologue).
- 16) Le gestionnaire LRM_C prend en charge la liaison L3, de sorte qu'une connexion de liaison est obtenue à partir de cette liaison sur l'interface de demande de connexion de liaison.
- 17) La connexion SNC appropriée est établie sur le commutateur local (le contrôleur n'est pas représenté).
- 18) La demande de connexion (L4, L5, L6 et Z) est alors transmise au contrôleur CC suivant sur le nœud E (sur l'interface de sortie/d'entrée de coordination homologue).
- 19) Le gestionnaire LRM_E prend en charge la liaison L4, de sorte qu'une connexion de liaison est obtenue à partir de cette liaison sur l'interface de demande de connexion de liaison.
- 20) La connexion SNC appropriée est établie sur le commutateur local (le contrôleur n'est pas représenté).
- 21) La demande de connexion (L5, L6 et Z) est alors transmise au contrôleur CC sur le nœud F (sur l'interface de sortie/d'entrée de coordination homologue).
- 22) Le gestionnaire LRM_F prend en charge la liaison L5, de sorte qu'une connexion de liaison est obtenue à partir de cette liaison sur l'interface de demande de connexion de liaison.
- 23) La connexion SNC appropriée est établie sur le commutateur local (le contrôleur n'est pas représenté).
- 24) La demande de connexion (L6 et Z) est alors transmise au contrôleur homologue CC suivant sur le nœud G (sur l'interface de sortie/d'entrée de coordination homologue).

- 25) Le gestionnaire LRM_G prend en charge la liaison L6, de sorte qu'une connexion de liaison est obtenue à partir de cette liaison sur l'interface de demande de connexion de liaison.
- 26) La connexion SNC appropriée est établie sur le commutateur local (le contrôleur n'est pas représenté).
- 27) La demande de connexion (Z) est alors transmise au contrôleur CC sur le nœud I.
- 28) Le gestionnaire LRM_I prend en charge la liaison de sortie vers le nœud de destination, de sorte qu'une connexion de liaison est obtenue à partir de cette liaison sur l'interface de demande de connexion de liaison.
- 29) La connexion SNC appropriée est établie sur le commutateur local (le contrôleur n'est pas représenté).

Le contrôleur CC sur le nœud I renvoie alors une confirmation au contrôleur CC sur le nœud G, et la confirmation est acheminée plus loin, bond par bond dans le sens inverse, comme indiqué par les étapes 30 à 35 de la Figure I.11, jusqu'à atteindre le contrôleur CC d'origine de la connexion sur le nœud A.

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y

INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION

INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION	
Généralités	Y.100–Y.199
Services, applications et intergiciels	Y.200–Y.299
Aspects réseau	Y.300–Y.399
Interfaces et protocoles	Y.400–Y.499
Numérotage, adressage et dénomination	Y.500–Y.599
Gestion, exploitation et maintenance	Y.600–Y.699
Sécurité	Y.700–Y.799
Performances	Y.800–Y.899
ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE INTERNET	
Généralités	Y.1000–Y.1099
Services et applications	Y.1100–Y.1199
Architecture, accès, capacités de réseau et gestion des ressources	Y.1200–Y.1299
Transport	Y.1300–Y.1399
Interfonctionnement	Y.1400–Y.1499
Qualité de service et performances de réseau	Y.1500–Y.1599
Signalisation	Y.1600–Y.1699
Gestion, exploitation et maintenance	Y.1700–Y.1799
Taxation	Y.1800–Y.1899
RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION	
Cadre général et modèles architecturaux fonctionnels	Y.2000–Y.2099
Qualité de service et performances	Y.2100–Y.2199
Aspects relatifs aux services: capacités et architecture des services	Y.2200–Y.2249
Aspects relatifs aux services: interopérabilité des services et réseaux dans les réseaux de prochaine génération	Y.2250–Y.2299
Numérotage, nommage et adressage	Y.2300–Y.2399
Gestion de réseau	Y.2400–Y.2499
Architectures et protocoles de commande de réseau	Y.2500–Y.2599
Sécurité	Y.2700–Y.2799
Mobilité généralisée	Y.2800–Y.2899

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de prochaine génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication