

# RFC 9673 : IPv6 Hop-by-Hop Options Processing Procedures

Stéphane Bortzmeyer  
<stephane+blog@bortzmeyer.org>

Première rédaction de cet article le 31 octobre 2024

Date de publication du RFC : Octobre 2024

<https://www.bortzmeyer.org/9673.html>

---

Parmi les différentes options qui peuvent être placées dans un en-tête d'un paquet IPv6, certaines sont à traiter par chaque routeur situé sur le trajet. On les appelle les options « par saut » ("*hop-by-hop*"). Elles sont très peu utilisées en pratique, entre autres parce que leur traitement, tel que spécifié dans le RFC 8200<sup>1</sup>, est trop contraignant pour les routeurs. Ce nouveau RFC change donc les règles, dans le sens d'un plus grand pragmatisme.

À part l'en-tête « "*Hop-by-hop Options*" » (RFC 8200, section 4.3), tous les en-têtes IPv6 ne concernent que les machines terminales. « "*Hop-by-hop Options*" », lui, concerne les routeurs et, avant le RFC 8200, **tous** les routeurs sur le trajet avaient l'obligation de le lire et d'agir en fonction des options qu'il contenait (la liste complète des options possibles est dans un registre IANA <<https://www.iana.org/assignments/ipv6-parameters/ipv6-parameters.xml#ipv6-parameters-2>>). **Bien trop coûteuse** pour les routeurs, cette obligation a été supprimée par le RFC 8200. Ce nouveau RFC 9673 modifie le traitement des options de cet en-tête (et donc le RFC 8200) dans l'espoir qu'il voit enfin un vrai déploiement dans l'Internet (actuellement, cet en-tête par saut - "*hop-by-hop*" - est quasiment inutilisé). Si vous concevez des routeurs, et êtes pressé-e, sautez directement à la section 5 du RFC, qui décrit les nouvelles règles, mais ce serait dommage.

Petite révision sur l'architecture des routeurs (section 3 du RFC). Les routeurs de haut de gamme ont une voie rapide ("*fast path*") pour le traitement des paquets, lorsque ceux-ci n'ont pas de demande particulière. Mise en œuvre en dehors du processeur principal du routeur, cette voie rapide est traitée par des circuits spécialisés, typiquement des ASIC. Si le paquet nécessite des opérations plus complexes, on passe par une voie plus lente, utilisant des méthodes et du matériel plus proches de ceux d'un ordinateur classique. (Les RFC 6398 et RFC 6192 sont des lectures recommandées ici.) D'autre part, on

---

1. Pour voir le RFC de numéro NNN, <https://www.ietf.org/rfc/rfcNNN.txt>, par exemple <https://www.ietf.org/rfc/rfc8200.txt>

distingue souvent, dans le routeur, la transmission ("*forwarding plane*") et le contrôle ("*control plane*"). La transmission est le travail de base du routeur (transmettre les paquets reçus sur une interface via une autre interface, et le plus vite possible), le contrôle regroupe notamment les opérations de manipulation de la table de routage, par exemple lors de mises à jour reçues via des protocoles comme OSPF ou BGP. Contrairement à la transmission, le contrôle n'est pas en « temps réel ».

Aujourd'hui, un paquet IPv6 utilisant des options par saut risque fort de ne même pas arriver à destination, sacrifié par des routeurs qui ne veulent pas le traiter. (Voir le RFC 7872, l'exposé « "*Internet Measurements: IPv6 Extension Header Edition*" <<http://www.iepg.org/2023-03-26-ietf116/eh.pdf>> » ou l'article « "*Is it possible to extend IPv6?*" <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366423003705>> ».)

Que disent donc les nouvelles procédures (section 5)?

- Un routeur ne devrait pas jeter un paquet uniquement parce que celui-ci contient l'en-tête par saut (voir aussi RFC 9288). Même si le routeur ne traite pas les options de cet en-tête, il devrait transmettre le paquet.
- Il est très recommandé que les routeurs disposent d'une option de configuration permettant d'indiquer s'il faut ou non traiter les options par saut. Et d'une autre pour indiquer quelles options dans l'en-tête doivent être gérées, que cela ne soit pas du tout ou rien.
- IPv6 dispose de deux bits dans chaque option par saut pour indiquer le traitement souhaité du paquet si le routeur ne connaît pas l'option. La nouvelle procédure permet d'être plus indulgent et, par exemple, de ne pas jeter un paquet même si l'émetteur le demandait, si le routeur ne veut pas traiter cette option (cf. le premier item de cette liste de règles).
- Les émetteurs qui mettent l'en-tête par saut dans les paquets doivent être bien conscients que tous les routeurs ne le traiteront pas (c'est le cas depuis longtemps, le RFC ne fait que décrire cet état de fait).
- Les machines terminales devraient examiner cet en-tête et le traiter, il ne concerne pas que les routeurs.

Pour faciliter la tâche des routeurs, et toujours dans l'espoir que les options par saut deviennent enfin une possibilité réaliste, la section 6 du RFC encadre la définition de nouveaux en-têtes (le RFC 8200 recommandait carrément de ne plus en définir, tant qu'on n'avait pas mieux défini leur utilisation). Les éventuelles futures options doivent être simples à traiter et conçues en pensant au travail qu'elles imposeront au routeur. Le protocole qui les utilise doit intégrer le fait que le routeur est autorisé à ignorer cette option, voire qu'il puisse jeter le paquet.

Ah, et un mot sur la sécurité (section 8). Plusieurs RFC ont déjà documenté les problèmes de sécurité que peuvent poser les options par saut, notamment le risque qu'elles facilitent une attaque par déni de service sur le routeur : RFC 6398, RFC 6192, RFC 7045 et RFC 9098.

Est-ce que le déploiement de ce RFC va améliorer les choses pour l'en-tête par saut, qui est jusqu'à présent un exemple d'échec? Je suis assez pessimiste, étant donné la difficulté à changer des comportements bien établis.

Un peu d'histoire pour terminer (section 4 du RFC) : les premières normes IPv6 (RFC 1883, puis RFC 2460) imposaient à tous les routeurs d'examiner et de traiter les options par saut. Le RFC 7045 avait été le premier à constater que cette règle n'était pas respectée et ne pouvait pas l'être vu l'architecture des routeurs modernes. Le problème de performance dans le traitement des options était d'autant plus grave que les options n'avaient pas toutes le même format (cela a été résolu par le RFC 6564, qui imposait un format unique). Le résultat, comme vu plus haut, était que les routeurs ignoraient les options par saut ou, pire, jetaient le paquet qui les contenait. (Le RFC 9288 et l'article « "*Threats and Surprises behind IPv6 Extension Headers*" <[http://dl.ifip.org/db/conf/tma/tma2017/tma2017\\_paper22.pdf](http://dl.ifip.org/db/conf/tma/tma2017/tma2017_paper22.pdf)> » expliquent pourquoi c'est une mauvaise idée. L'"*Internet Draft*" `draft-ietf-v6ops-hbh` discute également cette question.)