

Gestion globale de la QoS et de l'allocation des ressources dans un système NCA

Mélanie MONIER

EADS Defence and Security Systems
Rue Jean-Pierre Timbaud – Montigny le Bretonneux
78063 ST QUENTIN EN YVELINES Cedex
FRANCE

melanie.monier@eads.com

RESUME

Conçu pour répondre aux futurs besoins de communication des Forces, le Nœud de Communication Aéroporté permet d'interconnecter des réseaux hétérogènes sur le champ de bataille. Le NCA s'inscrit à ce titre dans le contexte NCO actuel.

Basé sur des protocoles standards du monde IP et sur une forme d'onde originale du type WCDMA, il offre un moyen interopérable haut débit et robuste de communication sur une zone de couverture étendue (typiquement 200 kilomètres de diamètre), en contexte Guerre Electronique.

Le système est composé d'une charge utile embarquée dans un porteur à haute ou moyenne altitude (20 000 mètres), et d'au maximum 50 passerelles de surface mobiles (plate-formes terrestres ou navales). Sa capacité globale est de 100 Mbit/s, et chaque passerelle sol peut transmettre jusqu'à 20 Mbit/s.

Afin d'optimiser l'utilisation de la capacité globale du NCA, il est nécessaire de partager les ressources du nœud aéroporté. La solution choisie par EADS permet d'ajuster à tout instant, automatiquement et dynamiquement les ressources, en fonction des besoins des utilisateurs.

En parallèle de cette allocation dynamique des débits, un mécanisme de gestion global de la QoS est mis en œuvre. Celui-ci permet de réaliser l'allocation des ressources non seulement en fonction du volume de trafic transmis par chaque passerelle, mais aussi en fonction du type de données transmises. Il est ainsi possible de privilégier certains flux.

Ce mécanisme de gestion globale de la QoS est associé par ailleurs à des mécanismes standards de gestion de la QoS du monde IP.

Cet article présente plus en détails la problématique de gestion de la QoS et la solution implémentée par EADS dans le système NCA.

ABSTRACT***Global QoS and Dynamic Resource Allocation in Airborne Communication Node***

The Airborne Communication Node (ACN) has been developed in order to respond to the future communication needs on the battlefield, and to fit with the new Network Centric Operations considerations.

Based on standard IP protocols, it provides interoperability and communications to heterogeneous networks, on a large coverage area (typically 200 km diameter).

Composed of an airborne payload and up to 50 surface gateways, ACN provides Forces with high data rate and secure communications, even in strong Electronic Warfare conditions.

The global capacity of the node is 100 Mbps, and each surface gateway can transmit up to 20 Mbps. In order to optimize the global capacity, it appears necessary to share in a smart way the resources of the node. The solution chosen in the ACN is to implement a dynamic and automatic resource allocation, with a constant assessment to users needs.

In relation to this dynamic resource allocation mechanism, a global QoS mechanism has been developed. This mechanism allows ACN to allocate resources considering not only the volume of traffic, but also the type of traffic that each surface gateway can transmit. In that way, all kind of applications (voice, visioconference, multimedia,...) can be transmitted with the adequate QoS; and some flows, considered like "priority flows" can be protected. It is important to notice that this global QoS mechanism works in parallel with IP standard QoS mechanisms.

This paper, fitting with the sessions "Adaptive Network Management", is in the scope of the IST Symposium. It will describe in details the QoS problematic and the solutions implemented in the ACN, The simulations realized to validate this new concept will also be discussed.

1.0 INTRODUCTION

Les doctrines NCW et NCO placent l'information au cœur de la guerre et en font un instrument de suprématie militaire. Les futurs systèmes de communication doivent offrir un réseau sécurisé et robuste afin d'optimiser les échanges d'information entre tous les acteurs des Forces déployées. Le réseau doit permettre d'interconnecter les senseurs, les décideurs et les systèmes d'armes, rendant les échanges d'informations plus rapides et augmentant ainsi le tempo des missions.

D'importants challenges doivent donc être relevés pour parvenir à un niveau satisfaisant, tant sur le plan des performances que de la sécurité, de la supervision d'un tel réseau, de son interopérabilité, ou encore de sa flexibilité d'emploi et de sa capacité d'adaptation à des situations éventuellement imprévues.

Ce changement impacte toute la chaîne de communication et doit être pris en compte dès la conception des futurs systèmes de communication. En effet, les informations échangées sont aujourd'hui hétérogènes : voix, vidéo, visioconférence, messagerie, transfert de fichiers, etc... Les volumes d'information échangés sont donc non seulement de plus en plus importants, mais les différents trafics ont de plus des exigences différentes en terme de qualité de service.

Le protocole IP s'est progressivement imposé comme le protocole de référence pour le transport des données, tant sur le plan civil que militaire. Actuellement, son domaine d'application s'étend non seulement au transfert de données, mais également aux applications temps réel, comme la VoIP ou la visioconférence.

Le Nœud de Communication Aéroporté (NCA) est développé dans cet axe : il doit permettre de répondre aux besoins des armées à l'horizon 2015, en fournissant une interconnexion très haut débit entre des plateformes ou sous-réseaux mobiles. Nativement basé sur des protocoles standards du monde IP, le NCA est par nature interarmées et interopérable avec tout autre système de communication basé sur IP.

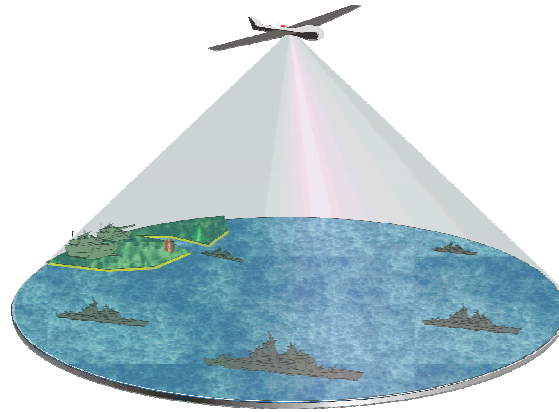


Figure 1 : Nœud de Communication Aéroporté

2.0 NCA – PRESENTATION GENERALE

Le Nœud de Communication Aéroporté est composé :

- d'une charge utile embarquée dans un porteur haute altitude (typiquement 20 000 mètres)
- et de plusieurs passerelles sol. Celles-ci sont mobiles et peuvent être embarquées sur des plateformes terrestres ou navales. Elles peuvent être considérées comme des têtes de réseau, permettant de raccorder au système NCA un ou plusieurs sous-réseaux. Les interfaces au niveau des passerelles sont des interfaces standards IP/Ethernet.

Jusqu'à 50 passerelles sol peuvent être connectées au nœud aéroporté.

Un système de gestion de l'ensemble du système est par ailleurs intégré à l'une des passerelles.

Gestion globale de la QoS et de l'allocation des ressources dans un système NCA

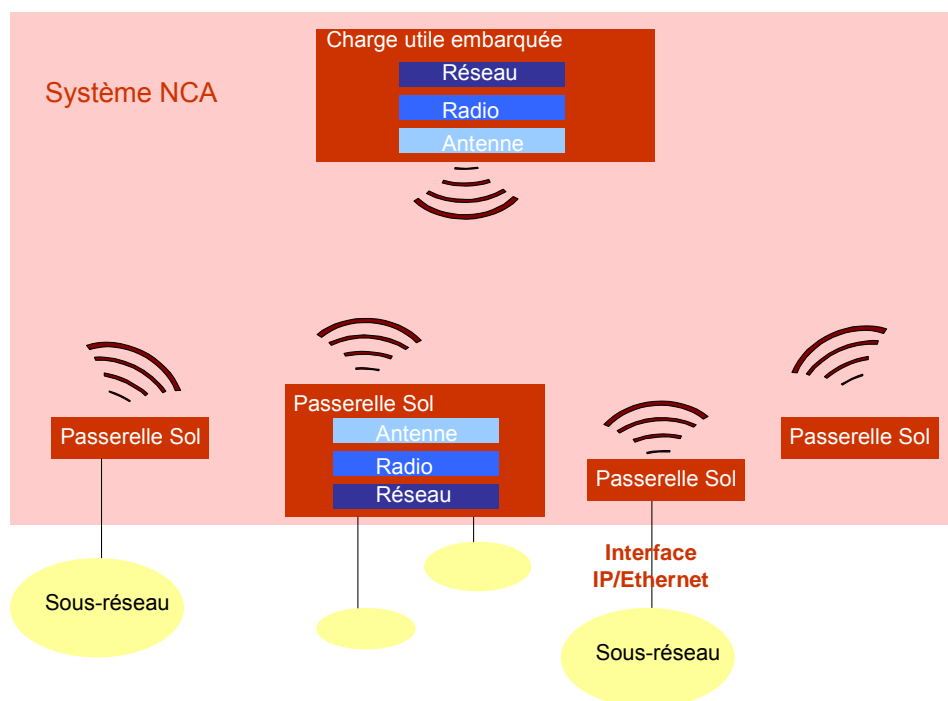


Figure 2 : Architecture du système NCA

Chaque élément (charge utile ou passerelle sol) est composé de trois sous-ensembles :

- un sous-ensemble radio,
- un sous-ensemble réseau,
- et une partie antennaire.

Du point de vue réseau, les sous-ensembles radio et antennaires étant transparents, le réseau a une topologie en étoile, centrée sur le routeur de la charge utile embarquée.

La capacité globale du système est de 100 Mbit/s, chaque passerelle sol pouvant avoir une capacité maximale de 20 Mbit/s.

Une forme d'onde originale et propriétaire, du type WCDMA a été développée, afin de fournir un accès multiple robuste en contexte Guerre Electronique : discrétion maximale vis à vis des intercepteurs, protection contre le brouillage.

Le NCA offre ainsi les mêmes avantages qu'un satellite très basse altitude : il permet d'établir des communications haut débit sur des zones où les infrastructures sont inexistantes ou détruites. La zone de couverture est relativement large (de l'ordre de 200 kilomètres de diamètre). Cependant, le NCA permet de s'affranchir de certaines contraintes inhérentes aux systèmes satellitaires tels que les contraintes de déploiement ou encore les coûts.

Un démonstrateur NCA est actuellement réalisé par EADS Defense & Security Systems, sous contrat DGA (Délégation Générale pour l'Armement). Ce démonstrateur doit permettre d'une part de valider la faisabilité d'un tel système et d'autre part de confirmer l'intérêt opérationnel du NCA ; les premières démonstrations (essais en vol) sont prévues en octobre 2006. Le porteur utilisé pour ces démonstrations est un avion piloté (TBM 700).

Les performances du démonstrateur sont réduites par rapport aux performances du système cible : la capacité totale est de 20 Mbit/s, le nombre maximum de passerelle est de 10 et le débit maximum par de chacune est 10 Mbit/s. Le porteur évolue à 10 000 mètres et la zone de couverture est de 100 km de diamètre. Ces performances sont cependant suffisantes pour valider le concept et l'apport d'un NCA.

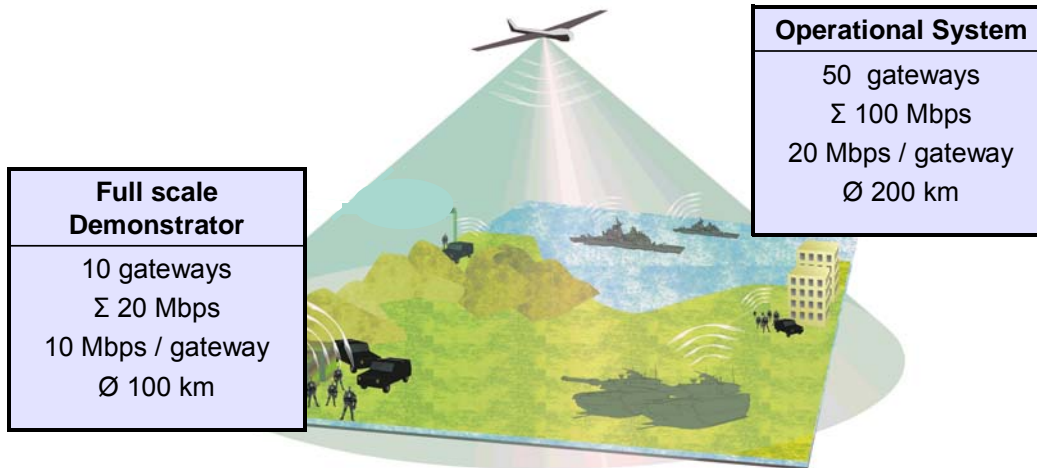


Figure 3 : NCA – Démonstrateur et système cible

3.0 PROBLEMATIQUE DE LA GESTION DE LA QOS DANS LE NCA

Compte-tenu des perspectives d'emploi d'un tel système dans ce contexte NCO (Network Centric Operations) et des besoins croissants d'échanges d'informations de tous types, il devient nécessaire d'établir, sur les réseaux IP militaires des règles de traitement et d'implémentation de la QoS, afin de ne pas compromettre l'interopérabilité, et de ne pas dégrader les performances propres de chaque système lors de son intégration avec d'autres systèmes.

Deux approches sont envisagées et complémentaires afin d'offrir la QoS attendue :

- Une approche transverse qui doit permettre d'offrir un service de bout en bout, transparent pour les utilisateurs,
- Une approche verticale qui doit permettre d'obtenir au niveau de chaque système, une gestion optimisée de la QoS, en fonction des supports technologiques considérés.

Le NCA s'inscrit donc dans un contexte interarmées et interalliés. L'utilisation de standards du monde IP favorise son interopérabilité avec les autres systèmes de communication, existants ou en cours de développement.

Les mécanismes de QoS mis en place dans le NCA tiennent compte des deux approches mentionnées ci-dessus.

3.1 QoS Transverse

Le mécanisme DiffServ est implémenté dans le NCA.

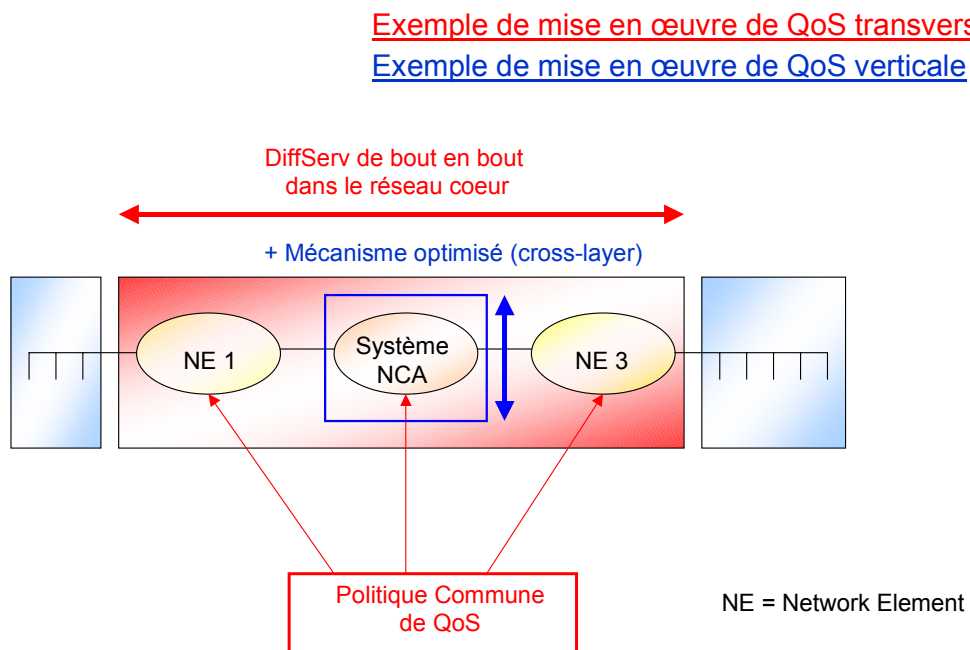
Ce mécanisme standard permet de créer des classes de service afin de regrouper les trafics ayant les mêmes contraintes en terme de QoS. Un même traitement est appliqué à tous les flux d'une même classe.

Le SPOTI/DGA a mis une directive concernant la classification des flux IP dans les classes de service, afin d'offrir nativement une certaine homogénéité entre les différents systèmes de communication des armées françaises. Le NCA reprend cette classification (la directive ne donne cependant pas de recommandation concernant les traitements à appliquer à chaque classe).

Ceci permet de mettre en œuvre un traitement local au niveau de chaque routeur, et de rendre prioritaires dans la gestion des files d'attente les flux ayant des contraintes de temps.

Ce mécanisme est aujourd'hui implémenté dans la plupart des réseaux, civils ou militaires, ce qui permet de mettre en œuvre une QoS minimale à travers le réseau, même s'il n'est pas possible de garantir dans l'absolu un niveau de QoS avec DiffServ.

La figure ci-dessous présente un exemple de mise en œuvre de QoS transverse dans un réseau composé de différents systèmes (NE, Network Element), dont le NCA, associée à une QoS verticale au niveau du NCA.



3.2 QoS Verticale

La gestion verticale de la QoS permet d'optimiser au niveau de chaque système les mécanismes mis en place, en tenant compte des caractéristiques propres à chaque système. C'est à dire en particulier en tenant compte des propriétés des couches physique et MAC du modèle OSI, et pas seulement de la couche 3.

Au sein du NCA la mise en œuvre de la gestion globale de la QoS est fortement liée et découle de la mise en œuvre de l'allocation dynamique et automatique des débits.

La forme d'onde du type WCDMA permet de modifier le débit transmis par chaque passerelle en changeant la longueur du code d'étalement. L'idée de départ est d'optimiser l'utilisation de la bande passante en changeant la répartition des ressources entre les passerelles au cours du temps. Par rapport à une allocation fixe des débits, cette flexibilité permet de ne pas réserver de ressources pour des passerelles qui n'en ont pas l'utilité, mais au contraire de réutiliser ces ressources pour l'ensemble des passerelles, augmentant ainsi la capacité de transmission maximale de chacune.

Le mécanisme implémenté est détaillé au paragraphe suivant.

4.0 MISE EN ŒUVRE DANS LE NCA

Deux algorithmes ont été développés et implémentés dans le démonstrateur NCA.

Le premier algorithme permet d'allouer dynamiquement les débits aux différentes passerelles, en fonction des besoins des utilisateurs en terme de volume de trafic.

Les mécanismes mis en œuvre doivent être transparents du point de vue des utilisateurs, il n'est donc pas envisageable que ceux-ci signalent leurs besoins par des requêtes ou autre processus, de plus ce type de solution introduirait un délai avant de pouvoir initialiser la communication, ce qui n'est pas souhaitable. Les besoins des utilisateurs sont donc déterminés par le système NCA : des estimations sur le débit qui sera transmis à l'instant $t+1$ sont réalisées, à partir du débit transmis à l'instant t .

Compte tenu de la topologie du système (en étoile, centrée sur le nœud aéroporté), l'intelligence est centralisée dans le nœud aéroporté, qui a naturellement connaissance des informations relatives à chacune des passerelles (débit transmis à l'instant t , débit alloué, etc.). Le nœud peut donc synthétiser ces informations afin de décliner quelle est la meilleure répartition possible de la capacité totale entre les passerelles.

Le second algorithme proposé permet tout comme le précédent de décider de la répartition des ressources entre les différentes plate-formes sol. Cependant cet algorithme permet de prendre en compte non seulement les besoins des utilisateurs en terme de volume de trafic, mais aussi la nature du trafic transmis.

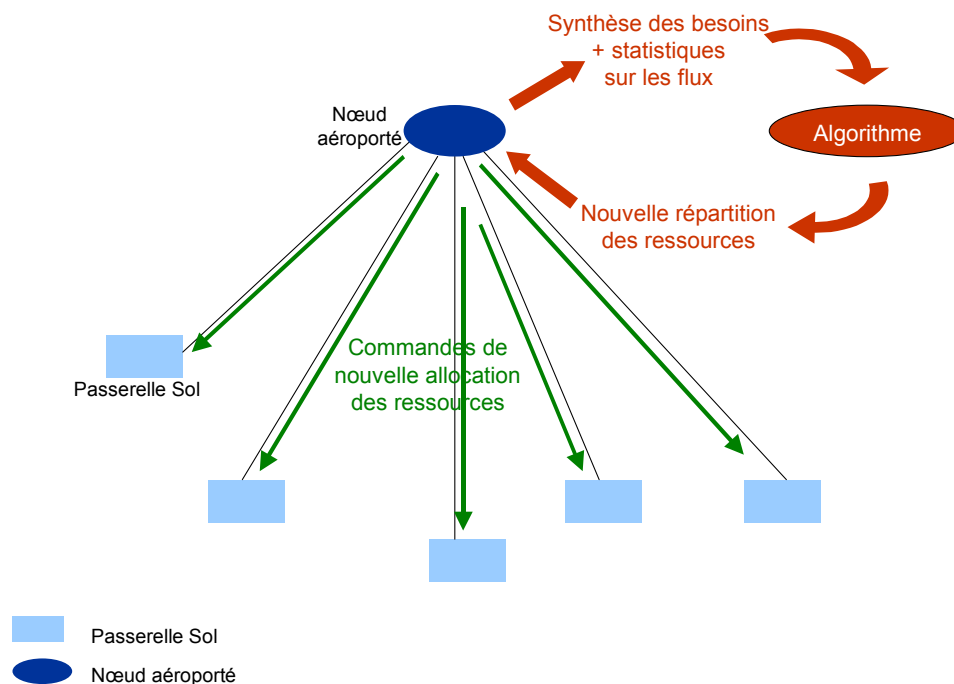


Figure 4 : Principe des deux algorithmes de gestion des ressources & QoS

La mise en œuvre de la gestion de l'allocation des ressources peut être décomposée en trois étapes :

- Evaluation des besoins des différentes plate-formes sol,
- Détermination de la répartition des ressources,
- Mise en place et prise en compte de la nouvelle répartition.

4.1 Allocation dynamique et automatique des débits – Premier algorithme

4.1.1 Evaluation des besoins

Les besoins de chaque passerelle sol sont déterminés par la partie radio bord à partir de l'observation du trafic réellement émis. Nous pouvons donc parler de « demande implicite » de la part des passerelles sol, réalisée de façon transparente pour les utilisateurs.

Pour chaque passerelle, est calculé le taux d'utilisation du débit alloué à un instant t , afin d'estimer en avance de phase (hypothèse de prédiction) le débit qui serait transmis à l'instant $t+1$. Si le débit alloué est inférieur au débit souhaité, on considère que la passerelle émet une demande (implicite) de débit supplémentaire.

4.1.2 Détermination d'une nouvelle répartition des ressources

L'algorithme permet de déterminer la nouvelle répartition des ressources en fonction des débits souhaités.

Si la somme des débits souhaités est inférieure à la capacité totale du système, toutes les passerelles se voient bien entendu attribuer ce débit. Dans le cas contraire, l'algorithme détermine une nouvelle

répartition. Celle-ci tient compte de la répartition à l'instant $t-1$. En cas de conflit, l'algorithme tend à établir une répartition égalitaire des débits. Cependant, il est possible, afin de favoriser certaines passerelles sol, de leur attribuer un débit minimum.

De façon générale, chaque passerelle dispose d'un débit minimum garanti et d'un débit maximum pouvant être alloué. Ces deux valeurs étant modifiables et configurables par l'opérateur.

4.1.3 Mise en place de la nouvelle allocation des ressources

L'automatisation de l'allocation des ressources peut être décomposée en deux étapes :

- Transmission des nouvelles valeurs de débit alloué à chaque passerelle sol,
- Limitation du débit montant de chaque passerelle sol.

Les nouvelles valeurs de débit alloué sont transmises aux passerelles sol via le lien radio (par le canal de contrôle, afin de ne pas utiliser le débit utile), puis du sous-ensemble radio au sous-ensemble réseau de chaque passerelle.

Deux solutions peuvent être envisagées afin de limiter le débit montant de chaque plate-forme sol : limiter le débit sortant du sous-ensemble radio, ou limiter le débit sortant du routeur.

La seconde solution a été choisie. En effet, elle permet, dans le cas où un débit supérieur au débit alloué serait envoyé de jeter les paquets au niveau du routeur, et non pas au niveau du sous-ensemble radio. Ceci permet de prendre en compte les politiques de rejet définies pour l'ensemble du réseau, en considérant la préférence des différents paquets. Cette information dépend de la classe (DiffServ) à laquelle appartient le paquet. Ceci permet donc de rejeter les paquets de façon « intelligente ».

4.2 Gestion globale de la QoS – Deuxième algorithme

Cet algorithme a été mis en place à partir du précédent. Il part du principe que plusieurs solutions sont envisageables pour répartir les demandes concurrentes des passerelles sol lorsque la somme des débits souhaités par toutes les passerelles sol est plus importante que la capacité globale du système.

Ces solutions sont par exemple les suivantes : allouer les ressources aux passerelles ayant le moins de débit, ou encore privilégier une passerelle par rapport aux autres. La solution mise en œuvre avec ce second algorithme est de répartir les passerelles en fonction de l'importance du trafic qu'elles transmettent.

L'importance relative des flux est déterminée à partir du champ DSCP de la trame IP, en fonction de la classification réalisée en entrée du système. Il est donc possible de réaliser des statistiques sur le niveau d'importance des flux transmis.

L'implémentation de cet algorithme présente cependant quelques particularités : en effet, les statistiques sont réalisées au niveau du sous-ensemble radio bord (cf figure 4), dans le but d'optimiser les temps de traitement, il n'est pas souhaitable de travailler au niveau IP pour accéder aux informations du champ DSCP. La solution mise en œuvre fait intervenir le champ ToS (Type of Service) de la trame Ethernet et le mécanisme défini par l'IEEE 802.1P.

Gestion globale de la QoS et de l'allocation des ressources dans un système NCA

En entrée du système NCA, les paquets sont donc marqués non seulement au niveau IP (champ DSCP), mais aussi dans l'entête de la trame Ethernet (protocole IEEE 802.1P). Une correspondance est réalisée entre les classes de service au niveau 3 et les classes de service au niveau 2. Etant donné que le nombre de classes possibles est plus important au niveau 3 qu'au niveau 2, il est nécessaire de créer en « mapping » entre ces classes. Celui-ci est configurable par l'opérateur du réseau.

Le champ DSCP est codé sur 6 bits, ce qui offre 64 valeurs possibles. Traditionnellement, le modèle DiffServ met en place 12 classes AF (Assured Forwarding), une classe EF (Express Forwarding – pour les flux ayant de très fortes contraintes temporelles) et une classe BE (Best Effort). Mais ceci n'est pas obligatoire. Le champ ToS de la trame Ethernet, est, lui, codé sur 3 bits, et n'offre donc que 8 valeurs possibles. Il s'agit donc de regrouper au mieux les classes DiffServ dans les classes de IEEE 802.1P.

Les statistiques sont donc réalisées par la partie radio embarquée sur les trames Ethernet. Le niveau de granularité proposé par le protocole IEEE 802.1p est largement suffisant pour pouvoir regrouper les flux et tenir compte de cette partition pour le choix de l'allocation des ressources.

A chaque instant, il est donc possible de connaître le pourcentage de flux de chaque type envoyé par chaque passerelle.

4.2.1 Evaluation des besoins

L'évaluation des besoins de chaque passerelle est réalisée de la même manière qu'avec le précédent algorithme. C'est à dire que le sous-ensemble radio bord détermine en observant le trafic émis par chaque passerelle si celle-ci va avoir besoin de davantage de ressource.

Parallèlement, le sous-ensemble radio bord réalise des statistiques sur les flux transmis par chaque passerelle. C'est à dire qu'en observant le champ IEEE 802.1P de la trame Ethernet, il a connaissance du pourcentage de flux de chaque niveau de priorité transmis par chaque passerelle.

4.2.2 Détermination d'une nouvelle répartition des ressources

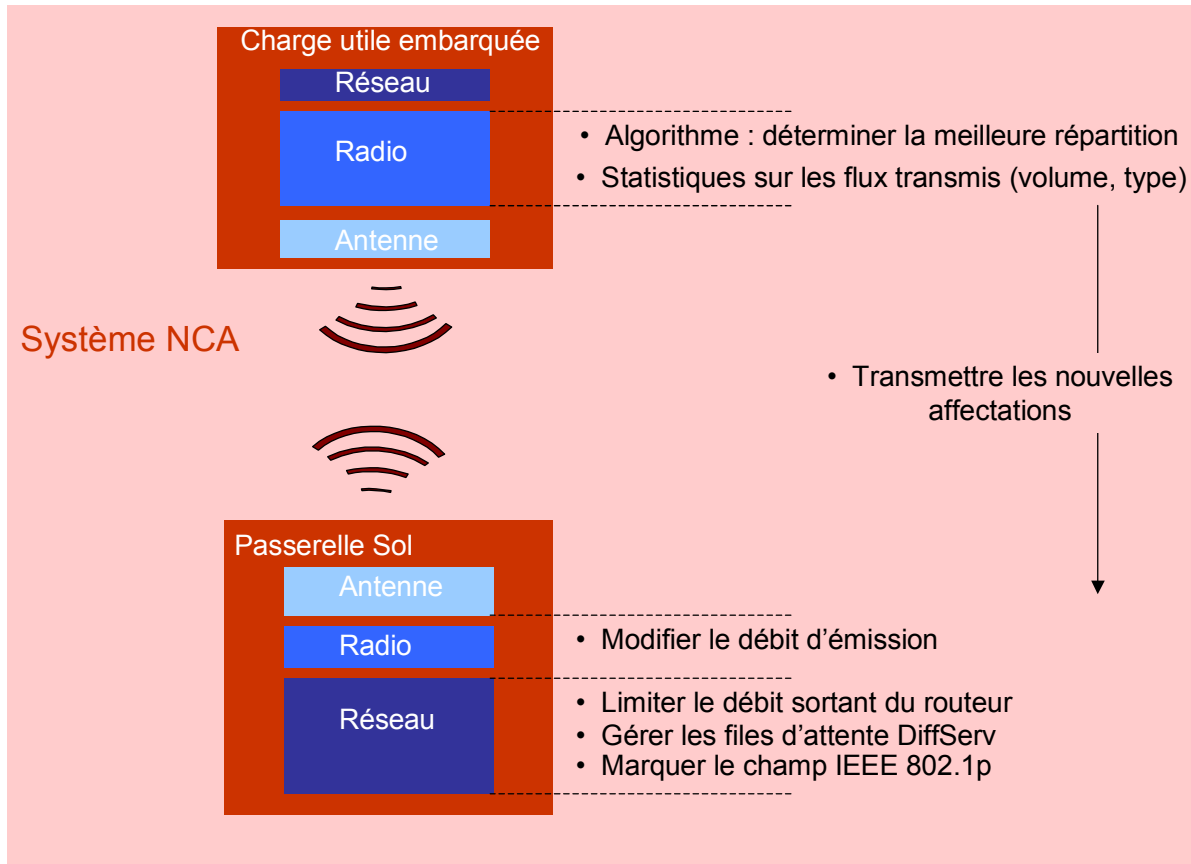
Le type de trafic est donc pris en compte pour décider de la répartition des ressources.

De la même manière qu'avec le premier algorithme, si toutes les demandes peuvent être satisfaites, il n'est pas nécessaire de faire intervenir l'algorithme. Dans le cas contraire, les demandes des passerelles transmettant le plus de flux de forte priorité sont traitées en premier.

De plus, en cas de conflit entre deux passerelles ayant toutes deux une même proportion de flux de forte priorité, l'algorithme « protège » les communications en cours en n'autorisant de diminuer les ressources attribuer à une passerelle que si les nouvelles ressources allouées sont suffisantes pour acheminer les flux de forte priorité. Ceci permet par exemple de ne pas interrompre les communications phoniques lors d'un changement de débit.

4.2.3 Mise en place de la nouvelle allocation des ressources

La transmission des nouvelles valeurs de débit affectées aux passerelles sol, ainsi que les mécanismes mis en place pour limiter le débit sortant d'une passerelle sont identiques à ceux utilisés pour la première version de l'algorithme.



4.3 Simulations et résultats

Des simulations ont été réalisées pour ces deux algorithmes, afin de valider les deux concepts, avec NSv2.

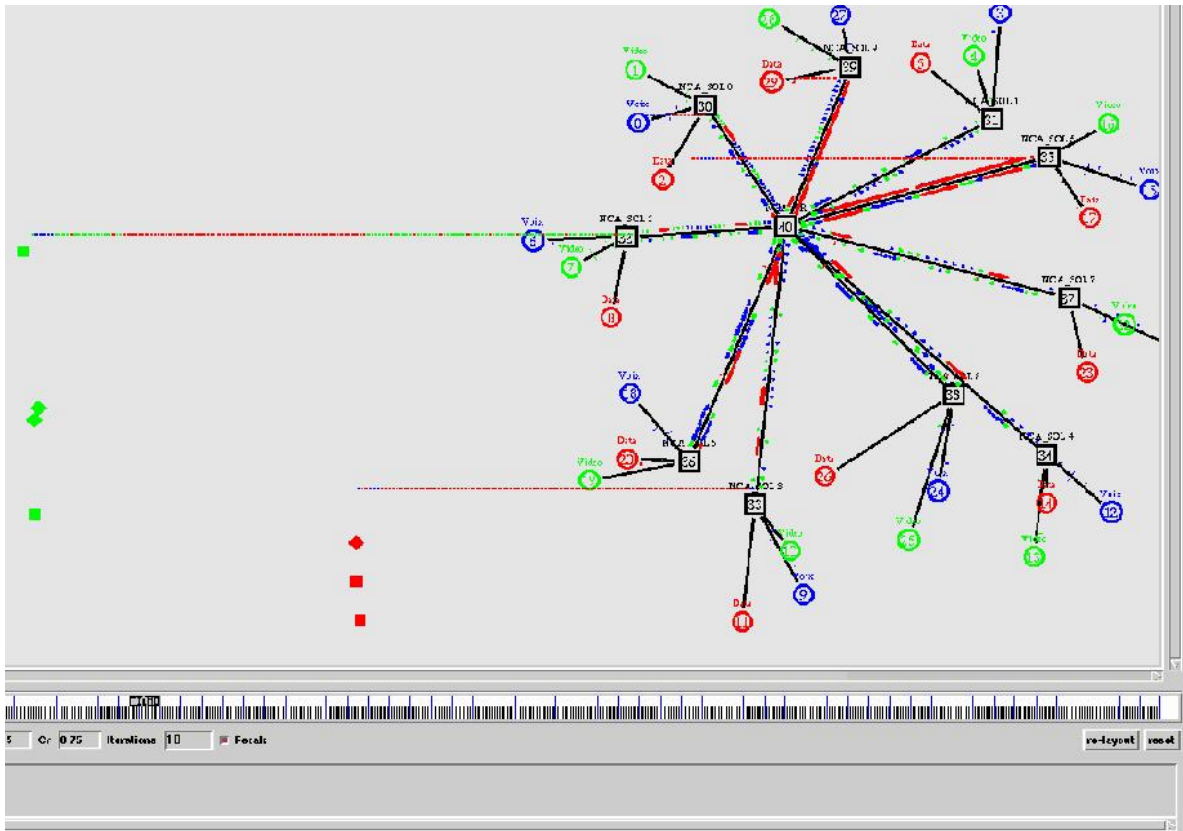
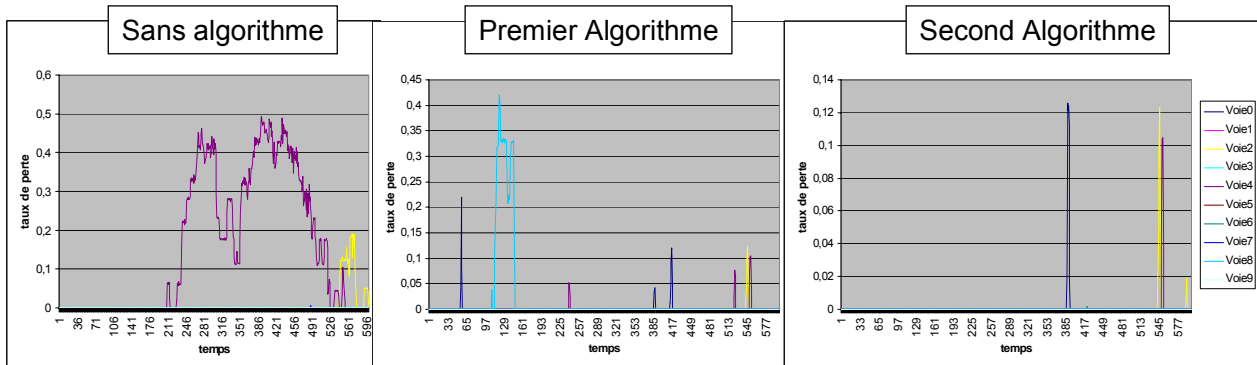


Figure 5 : Simulation NS des algorithmes

Les résultats obtenus sont les suivants :

- La première version de l'algorithme, qui ne prend en compte que le volume d'information transmis par chaque passerelle est parfaitement adaptée dans le cas où le volume total d'informations transmises respecte le dimensionnement du système (c'est à dire 100 Mbit/s pour le système cible, et 20 Mbit/s pour le démonstrateur), mais où les émissions de trafic sont changeantes dans le temps. Cet algorithme permet en effet d'adapter le système aux fluctuations du trafic et de répondre au besoin temporaire de capacité de certains nœuds.
- La seconde version n'apporte pas d'amélioration dans le cas où la capacité du système est respectée par rapport à l'algorithme précédent. Son intérêt apparaît par contre dès que tous les besoins des passerelles ne peuvent pas être satisfaits (demande de débit implicite supérieure à la capacité totale). Il s'agit alors de départager les passerelles. Cette version de l'algorithme permet ainsi de rendre prioritaires les passerelles transmettant des flux de plus haute priorité.

Perte des flux de phonie



Simulation réalisée en utilisant le même scénario de charge, avec 10 passerelles sol.

Figure 6 : Exemple de résultat de simulation

Les deux versions de l'algorithme sont implémentées sur le démonstrateur NCA. Ceci permet à l'opérateur de choisir l'algorithme qu'il souhaite utiliser. L'ensemble des paramètres des algorithmes sont paramétrables par l'opérateur et modifiables en cours de mission. Ils sont pris en compte dès leur modification. L'opérateur peut aussi choisir une allocation fixe des débits, ou encore de modifier lui-même, à la main, les débits en cours d'utilisation.

5.0 CONCLUSION

La prise en compte dès la conception du nœud NCA des problématiques de QoS au niveau système permet d'offrir une solution optimale, tirant profit des propriétés et caractéristiques de l'ensemble des couches, et en particulier de la forme d'onde WCDMA utilisée.

La mise en œuvre de cette gestion globale de la QoS, parallèlement aux mécanismes standards IP, permet d'optimiser l'allocation dynamique et automatique des débits et d'assurer au niveau du domaine couvert par le Nœud de Communication Aéroporté une gestion de la QoS pour l'ensemble des flux.

Cette solution permet d'offrir une solution de QoS verticale au niveau du Nœud de Communication, tout en conservant l'interopérabilité requise pour mettre en œuvre une QoS horizontale, basée sur une offre de services différenciés.

Les capacités du NCA, en terme de débit, couverture, résistance au brouillage et interférences, et QoS en font un des éléments majeurs du futur système de communication NCO.

