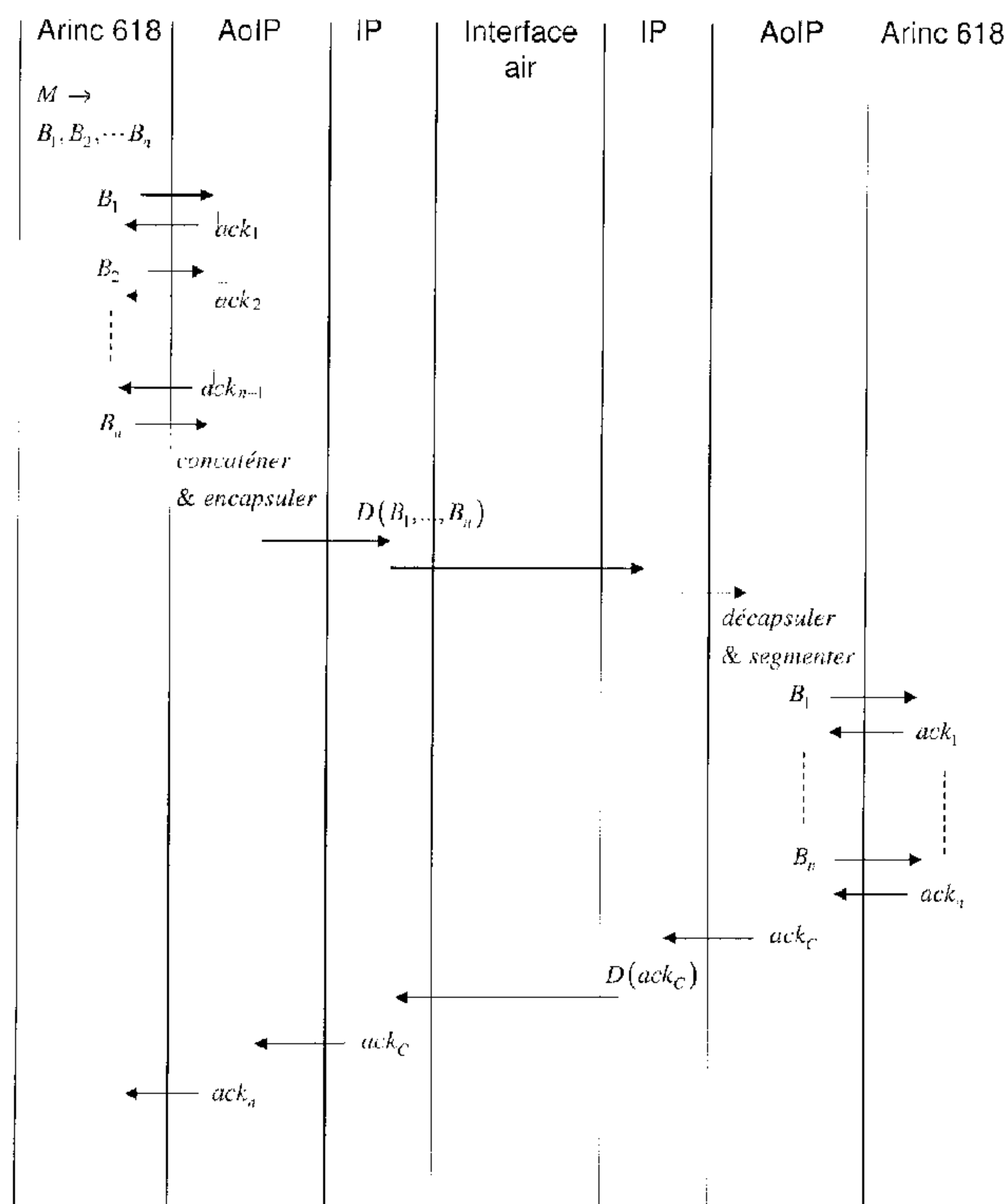




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2008/09/02
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2009/03/12
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2017/02/14
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2010/03/02
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2008/061556
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2009/030681
 (30) Priorité/Priority: 2007/09/03 (FR0757311)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H04L 12/46* (2006.01)
 (72) Inventeurs/Inventors:
 GRUYER, PIERRE, FR;
 DURAND, FREDERIC, FR;
 CHAUMETTE, PASCAL, FR;
 RUTSCHLE, YVES, FR
 (73) Propriétaire/Owner:
 AIRBUS OPERATIONS, FR
 (74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : METHODE DE TRANSMISSION DE MESSAGES ACARS SUR IP
 (54) Title: METHOD FOR TRANSMITTING ACARS MESSAGES ON IP



(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention concerne une méthode de transmission de messages ACARS sur IP, entre un émetteur et un récepteur, un message ACARS (M) d'une première application étant divisé en une pluralité de blocs (B₁, B₂, ..., B_n). Pour chaque bloc dudit message, à l'exception du dernier, on renvoie localement, au niveau de l'émetteur, un accusé de réception factice (ack₁, ack₂, ..., ack_n) dudit bloc à ladite application, lorsque l'émetteur reçoit du récepteur un message (D(ack_c), s[ack_n, ack_c]), indiquant une bonne réception de ladite pluralité des blocs transmis, il génère un accusé de réception (ack_n) du dernier bloc avant de le renvoyer à ladite application.

WO 2009/030681 A1

LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

MÉTHODE DE TRANSMISSION DE MESSAGES ACARS SUR IP**DESCRIPTION****DOMAINE TECHNIQUE**

5 La présente invention concerne de manière générale le domaine des télécommunications aéronautiques et plus particulièrement celui de la transmission de messages ACARS (*Aircraft Communication and Reporting System*).

10 ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Dans le domaine aéronautique, le système ACARS permet de transmettre des données entre un aéronef et une station au sol, notamment d'échanger des informations de type AOC (*Aeronautical Operational Control*) avec les opérateurs de compagnies aériennes ou des informations de type ATC (*Air Traffic Control*) avec les contrôleurs aériens. La liaison de données entre bord et sol est généralement désignée par le terme générique de « datalink ».

20 Le système ACARS peut utiliser plusieurs supports de transmission (appelés aussi média dans l'état de la technique), ou plus exactement plusieurs types de sous-réseau pour transmettre les données, à savoir des sous-réseaux HF, VHF ou SATCOM. Le sous-réseau de télécommunication VHF permet des liaisons point à point en ligne de visée directe avec des émetteurs/récepteurs au sol mais avec une portée relativement réduite. Le sous-réseau de télécommunication satellitaire SATCOM fournit par contre une couverture mondiale, à l'exception des zones polaires, mais avec

25

30

des coûts de communication élevés. Le sous-réseau HF permet quant à lui de couvrir les zones polaires.

Généralement, la transmission de données au sol se fait au moyen d'un module de télécommunication embarqué ou CMU (*Communications Management Unit*) qui sélectionne automatiquement le support de transmission (VHF, HF, SATCOM) le mieux approprié en fonction d'un certain nombre de paramètres.

Les supports de communication précités commencent toutefois à atteindre leurs limites en termes de disponibilité d'accès, alors même que les communications avec le sol requièrent des débits de plus en plus élevés. En outre, les coûts de communication qu'entraînent des volumes de plus en plus importants de données à transmettre, grèvent les budgets des compagnies aériennes.

Pour remédier à cette situation, certains acteurs du domaine aéronautique ont proposé d'utiliser des supports de transmission grand public pour transmettre les messages ACARS. Ainsi, lorsque l'aéronef stationne à la porte d'embarquement, se trouve au sol voire en phase d'approche, il peut établir une connexion avec le centre de contrôle aérien ou le centre opérationnel de la compagnie aérienne, via le réseau GPRS, une borne Wi-Fi ou une station Wi-Max. La transmission des messages ACARS se fait alors en les encapsulant dans des datagrammes IP comme décrit par exemple dans la demande internationale WO2006/026632. On parle alors d'ACARS sur IP ou de AoIP (ACARS over IP).

L'échange de messages ACARS entre un aéronef et la centre opérationnel de la compagnie aérienne doit se

conformer à la norme ARINC 618, indépendamment du fait que ces messages soient ou non encapsulés dans des datagrammes IP. Le protocole ARINC 618 impose de segmenter les messages ACARS en blocs élémentaires de 220 caractères utiles et de ne transmettre un nouveau bloc qu'après avoir reçu un accusé de réception du bloc précédent. Ce mécanisme d'acquiescement « stop and wait » a le mérite d'offrir une grande robustesse mais se prête mal à une transmission sur IP, comme nous le verrons ci-après.

Fig. 1 illustre de manière schématique une transmission de messages ACARS sur IP entre un émetteur (par exemple un aéronef) et un récepteur (par exemple la base d'une compagnie aérienne).

On a représenté sur la figure, tant du côté émetteur que du côté récepteur les couches applicatives Arinc 618, les couches d'adaptation notées AoIP permettant l'adaptation à la couche IP, les couches IP. On a également représenté l'interface air entre l'aéronef et la station au sol relayant les messages vers le centre de la compagnie aérienne.

Le message ACARS M est segmenté au maximum en n blocs B_1, B_2, \dots, B_n , avec $n \leq 16$, chaque bloc contenant au maximum 220 caractères utiles. Cette segmentation est effectuée par la couche Arinc 618 de l'émetteur. Le premier bloc B_1 est tout d'abord encapsulé, par la couche AoIP dans un datagramme IP, noté $I(B_1)$ avant d'être transmis sur l'interface air. Le datagramme est reçu par une station au sol et est routé à travers le réseau Internet jusqu'à l'adresse IP du destinataire.

Le bloc B_1 est décapsulé du datagramme $I(B_1)$ par la couche AoIP et transmis à la couche Arinc 618. Après vérification de son intégrité la couche Arinc 618 transmet un message d'acquittement ack_1 (ou accusé de réception, les deux expressions étant employées indifféremment) qui est lui-même encapsulé dans un datagramme IP par la couche AoIP. Le message d'acquittement est reçu par l'aéronef, decapsulé par la couche AoIP puis transmis à la couche Arinc 618. Cette couche peut alors émettre le second bloc B_2 . Le processus est répété pour chaque bloc du message.

On comprend que le mécanisme d'acquittement induit par la couche Arinc 618 pénalise sévèrement le débit de transmission des messages ACARS.

Le but de la présente invention est par conséquent de proposer un protocole de transmission de messages ACARS sur IP qui ne souffre pas de ces limitations de débit, sans pour autant sacrifier la sécurité de la transmission.

20

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention est définie par une méthode de transmission de messages ACARS sur IP, entre un émetteur et un récepteur, un message ACARS émis par une application étant divisé en une pluralité de blocs, dans laquelle, pour chaque bloc dudit message, à l'exception du dernier, on renvoie localement, au niveau de l'émetteur, un accusé de réception factice dudit bloc à ladite application et, lorsque l'émetteur reçoit du récepteur un message, indiquant une bonne

30

réception de ladite pluralité des blocs transmis, il génère un accusé de réception du dernier bloc avant de le renvoyer à ladite application.

Typiquement, ladite application comprend une
5 couche de protocole Arinc 618, ledit message ACARS est conforme à cette norme et l'accusé de réception est transmis à cette couche.

Selon un premier mode de réalisation, l'émetteur comprend une couche d'adaptation de protocole, dite
10 première couche d'adaptation, entre la couche de protocole Arinc 618 et la couche IP, ladite première couche d'adaptation renvoyant pour chaque bloc d'un message ACARS, à l'exception du dernier, un acquittement factice à la couche de protocole Arinc
15 618, et lorsqu'elle a reçu de cette couche la totalité des blocs dudit message, les concatène et encapsule les blocs ainsi concaténés dans un premier datagramme IP.

De manière symétrique, le récepteur comprend une couche d'adaptation de protocole, dite
20 seconde couche d'adaptation, entre la couche de protocole Arinc 618 d'une seconde application et la couche IP, ladite seconde couche d'adaptation étant adaptée à décapsuler et segmenter la charge utile dudit datagramme IP pour récupérer lesdits blocs, puis à
25 fournir les blocs, un par un, à la couche de protocole Arinc 618 de ladite seconde application, un bloc ne lui étant fourni que lorsqu'elle a accusé réception du bloc précédent.

De préférence, lorsque la seconde couche
30 d'adaptation a reçu la totalité des accusés de réception desdits blocs, elle renvoie à l'émetteur,

dans un second datagramme IP , un accusé de réception de la pluralité desdits blocs.

Selon un second mode de réalisation, l'émetteur comprend une couche d'adaptation de protocole, dite troisième couche d'adaptation, entre la
5 couche de protocole Arinc 618 et une couche TCP sur IP, ladite troisième couche d'adaptation renvoyant pour chaque bloc d'un message ACARS, à l'exception du dernier, un acquittement factice à la couche de
10 protocole Arinc 618, et lorsqu'elle a reçu de cette couche la totalité des blocs dudit message, les concatène et encapsule les blocs ainsi concaténés dans un premier segment TCP.

Avantageusement, le récepteur comprend une
15 couche d'adaptation de protocole, dite quatrième couche d'adaptation, entre la couche de protocole Arinc 618 d'une seconde application et la couche TCP, ladite quatrième couche d'adaptation étant adaptée à décapsuler et segmenter la charge utile dudit premier
20 segment TCP pour récupérer lesdits blocs, puis à fournir les blocs, un par un, à la couche de protocole Arinc 618 de la seconde application, un bloc ne lui étant fourni que lorsqu'elle a accusé réception du bloc précédent.

De préférence, lorsque la quatrième couche
25 d'adaptation a reçu la totalité des accusés de réception desdits blocs, elle renvoie à l'émetteur, un second segment TCP, contenant un accusé de réception de la pluralité desdits blocs ainsi qu'un acquittement du
30 premier segment TCP.

Selon un troisième mode de réalisation, l'émetteur comprend une couche d'adaptation de protocole, dite cinquième couche d'adaptation, entre la couche de protocole Arinc 618 et une couche UDP sur IP, 5 ladite cinquième couche d'adaptation renvoyant pour chaque bloc d'un message ACARS, à l'exception du dernier, un acquittement factice à la couche de protocole Arinc 618, et lorsqu'elle a reçu de cette couche la totalité des blocs dudit message, les 10 concatène et encapsule les blocs ainsi concaténés dans un premier datagramme UDP.

Avantageusement, le récepteur comprend une couche d'adaptation de protocole, dite sixième couche d'adaptation, entre la couche de protocole Arinc 618 15 d'une seconde application et la couche UDP, ladite sixième couche d'adaptation étant adaptée à décapsuler et segmenter la charge utile dudit premier datagramme UDP pour récupérer lesdits blocs, puis à fournir les blocs, un par un, à la couche de protocole Arinc 618 de 20 la seconde application, un bloc ne lui étant fourni que lorsqu'elle a accusé réception du bloc précédent et en ce que, lorsque la sixième couche d'adaptation a reçu la totalité des accusés de réception desdits blocs, elle attend l'envoi d'un second message ACARS à 25 destination de l'émetteur, l'accusé de réception de la pluralité desdits blocs étant alors concaténé aux blocs du second message avant d'être placé dans un second datagramme UDP.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de
5 l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de
réalisation préférentiel de l'invention en référence
aux figures jointes parmi lesquelles :

La Fig. 1 illustre schématiquement un protocole
de transmission de messages ACARS sur IP connu de
10 l'état de la technique ;

La Fig. 2 représente un système de transmission
de messages ACARS sur IP susceptible d'implémenter la
méthode de transmission selon l'invention ;

La Fig. 3 illustre schématiquement une méthode de
15 transmission de messages ACARS sur IP selon un mode de
réalisation de l'invention ;

Les Fig. 4A et 4B illustrent respectivement une
méthode de transmission de messages ACARS sur IP selon
une première et une seconde variantes du mode de
20 réalisation de l'invention ;

La Fig. 5 illustre une méthode de transmission de
messages ACARS sur IP selon une troisième variante du
mode de réalisation de l'invention.

25 EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Nous considérerons à nouveau un système
d'émission/réception de messages ACARS sur IP. Afin de
permettre une meilleure compréhension de l'invention,
un exemple de réalisation d'un tel système a été
30 illustré en Fig. 2. L'homme du métier comprendra

toutefois que cet exemple de réalisation n'est qu'indicatif et non limitatif, l'invention étant susceptible de s'appliquer à un système de transmission de messages AoIP d'architecture quelconque.

5 Le système ACARS sur IP est divisé en trois segments : un segment embarqué 210, un segment de réseau au sol, 220, et un segment propre au centre de la compagnie aérienne, 230.

10 Le segment embarqué comprend un module avionique CMU (*Communications Management Unit*), 211, dont on a schématiquement représenté la structure en termes de couches de protocole.

15 Le module CMU héberge des applications AOC et ATC dédiées respectivement à l'échange de données avec le centre de la compagnie aérienne et avec le centre de contrôle aérien. Les données de types AOC sont transmises au moyen de messages ACARS via la couche de protocole Arinc 618. Ces messages peuvent être envoyés soit vers un support de transmission conventionnel, 20 212, par exemple un émetteur VHF, HF ou SATCOM, soit vers un premier module de conversion 213, inclus ou non dans le CMU. Ce module de conversion utilise une couche d'adaptation de protocole, notée AoIP, entre la couche de protocole Arinc 618 de l'application et la couche 25 IP, comme détaillé plus loin.

Lorsqu'un support de transmission conventionnel est sélectionné, les messages sont transmis à une station au sol du réseau ACARS. Cette station, 221, est équipée d'une passerelle 223, réalisant une conversion 30 du protocole Arinc 618 en protocole Arinc 620. On rappelle que la norme Arinc 620 est relative à un

protocole de transmission au sol de messages ACARS, par exemple entre un fournisseur de service (DSP) et un centre opérationnel de compagnie aérienne.

Si la transmission sur IP est sélectionnée, les messages ACARS sont envoyés à la passerelle 213. Les datagrammes IP contenant les messages ACARS sont routés via le réseau Internet jusqu'à l'adresse IP du destinataire. La liaison entre l'aéronef et le sol se fait via une infrastructure de télécommunication grand public par exemple le réseau GPRS, une borne Wi-FiTM, une station WiMaxTM.

Le segment de la compagnie aérienne comprend un terminal 231, terminal comprenant, d'une part, une couche de protocole Arinc 620 adaptée à recevoir des messages ACARS ayant transité par la passerelle de conversion, c'est-à-dire via le support de transmission conventionnel et, d'autre part, une couche de protocole adaptée à recevoir les messages ACARS ayant transité via le réseau IP. Plus précisément, le terminal 231 comprend un second module de conversion, 233, appartenant à la couche d'adaptation AoIP, chargée de décapsuler les blocs et de les transmettre à la couche ACARS 618 et une couche d'adaptation de protocole ACARS 618/ 620, référencée en 234. Un multiplexeur, 235, aiguille les messages ACARS selon la norme Arinc 620 vers les ports des applications de contrôle AOC_1, \dots, AOC_N hébergées par le terminal 231.

L'invention concerne les premier et second modules de conversion de la couche AoIP. Le principe général est d'embarquer l'ensemble des blocs d'un message dans un seul datagramme IP, de simuler

localement, de manière factice, les acquittements des blocs d'un message ACARS à l'exception de celui du dernier bloc qui vaut alors acquittement pour l'ensemble des blocs du message.

5 Plus précisément, la Fig. 3 représente une méthode de transmission de messages ACARS sur IP, selon un premier mode de réalisation de l'invention.

On a représenté à nouveau les couches applicatives Arinc 618, les couches d'adaptation AoIP,
10 les couches IP pour le segment embarqué et le segment au sol. La liaison entre le segment embarqué et le segment au sol se fait par une interface air et emprunte avantageusement une infrastructure de télécommunication grand public.

15 Lorsqu'un message ACARS M est à transmettre par une application hébergée par l'émetteur, par exemple le CMU, ce message est segmenté en n blocs B_1, \dots, B_n par la couche Arinc 618. On notera que l'invention n'est pas restreinte à un nombre donné de blocs, bien que dans
20 l'état actuel de la norme, $n \leq 16$.

Le premier bloc B_1 est transmis à la couche AoIP qui renvoie alors un acquittement factice \widetilde{ack}_1 , ce qui permet à la couche Arinc de transmettre le second bloc B_2 . Le processus est itéré jusqu'à la transmission de
25 l'avant-dernier bloc B_{n-1} . Lorsque la couche Arinc 618 reçoit l'acquiescement factice \widetilde{ack}_{n-1} , elle transmet le dernier bloc B_n . Toutefois, pour le dernier bloc, aucun acquiescement factice n'est renvoyé. Les n blocs du message sont alors concaténés pour former un bloc
30 composite qui est encapsulé dans un seul datagramme IP,

noté $D(B_1, \dots, B_n)$. Ce datagramme est ensuite routé jusqu'à son adresse IP de destination. On comprendra que la couche IP du segment correspond à un routage classique sur Internet.

5 A l'adresse IP de destination c'est-à-dire, en pratique, au niveau du centre de la compagnie aérienne, la couche AoIP décapsule le bloc composite du datagramme IP, avant de le segmenter pour récupérer les blocs B_1, \dots, B_n . Le premier bloc B_1 est ensuite transmis à
10 la couche applicative Arinc 618 qui vérifie alors son intégrité, et en cas de bonne réception, renvoie un acquittement ack_1 à la couche AoIP. Le processus est répété successivement pour chaque bloc. Le message ACARS M est reconstitué par la couche Arinc 618 de
15 l'application destinatrice (par exemple une application du type AOC) à partir des blocs B_1, \dots, B_n .

Lorsque la couche AoIP reçoit le dernier acquittement ack_n , à condition d'avoir néanmoins préalablement reçu les $n-1$ acquittements des blocs
20 précédents, elle transmet un message d'acquiescement composite ack_C signifiant la bonne réception des n blocs. Le message ack_C peut simplement résulter de la concaténation des messages d'acquiescement élémentaire ack_1, \dots, ack_n . Ce message est ensuite embarqué dans un
25 datagramme IP, $D(ack_C)$, avant d'être routé vers l'adresse IP du module CMU de l'aéronef.

La couche AoIP du CMU récupère le message d'acquiescement ack_C et le convertit en un message d'acquiescement du dernier bloc, ack_n , avant de le

transmettre à la couche Arinc 618. La conversion de ack_C en ack_n peut simplement résulter de la troncation du message composite. Lorsque la couche Arinc 618 reçoit le dernier acquittement, ack_n , elle considère que
5 le message M a bien été reçu par le destinataire.

Si l'un des blocs B_1, \dots, B_n est corrompu ou n'est pas reçu par le destinataire, le message d'acquiescement ack_C n'est pas envoyé, et par suite le message ack_n n'est pas transmis à la couche Arinc 618. Cette couche
10 peut alors décider, après un temps d'attente prédéterminé, de renvoyer le message M , c'est-à-dire l'ensemble des blocs B_1, \dots, B_n .

On a envisagé dans ce qui précède que l'émetteur du message ACARS était le CMU de l'aéronef et le
15 récepteur le centre de la compagnie aérienne, autrement dit que la communication était descendante (downlink). Il est clair toutefois que la méthode s'applique de manière équivalente à la communication montante (uplink) sans que l'on sorte pour autant du cadre de
20 l'invention.

On comprendra que la méthode de transmission de messages ACARS selon ce mode de réalisation est avantageuse en ce qu'elle permet de ne pas attendre l'acquiescement réel d'un bloc avant de transmettre le
25 suivant. En outre, on notera qu'un seul datagramme IP est transmis au lieu de n pour transmettre le message, ce qui réduit d'autant le trafic sur l'interface air et, le cas échéant, les coûts de transmission.

Le mode de réalisation de l'invention décrit
30 précédemment fait abstraction du protocole de transport

sous-jacent utilisé, notamment du fait qu'il soit orienté connexion, comme TCP, ou non orienté connexion, comme UDP.

Nous envisagerons les deux situations
5 successivement ci-après.

La Fig. 4A illustre une première variante où la méthode de transmission des messages ACARS utilise le protocole de transport TCP classique. On a détaillé la
10 pile de protocole TCP/IP du côté émetteur et du côté récepteur. On sait que la couche TCP établit et maintient une connexion entre l'émetteur et le destinataire, et qu'elle utilise son propre mécanisme d'acquittement pour garantir la bonne réception des
15 datagrammes TCP.

Cette variante ne requiert pas de modification de la couche de transport TCP et par conséquent la couche notée AoIP réalise en fait une adaptation de la couche applicative Arinc 618 à la couche de transport TCP.
20 Plus précisément, les blocs B_1, \dots, B_n délivrés par la couche Arinc 618, selon le mécanisme d'acquittement factice déjà décrit, sont concaténés et encapsulés dans un segment TCP. Une fois la connexion TCP établie, le segment TCP, noté $S(B_1, \dots, B_n)$ est transmis au socket TCP
25 du destinataire. Bien entendu, la transmission du segment TCP passe par l'incorporation dans un datagramme IP de manière connue de l'homme du métier.

Lorsque le segment TCP est reçu par le socket TCP du destinataire, un accusé de réception, ack_1^{tcp} est
30 renvoyé à l'émetteur, comme le prévoit le protocole TCP. La remise des blocs de la couche AoIP à la couche

Arinc 618 a déjà été décrite en relation avec la Fig. 2 et ne sera pas reprise ici.

Lorsque la couche AoIP a reçu les accusés de réception ack_1 à ack_n de la couche Arinc 618, elle
5 transmet un accusé de réception composite ack_C à la couche TCP, qui elle-même le transmet sous la forme d'un segment TCP, noté $S(ack_C)$, au socket TCP de l'émetteur. Sur réception du segment $S(ack_C)$ par la
couche TCP du CMU, un accusé de réception, noté ack_2^{tcp}
10 est alors renvoyé au sol, conformément au protocole TCP. L'accusé de réception est ensuite converti en message d'acquiescement de dernier bloc, ack_n , comme déjà décrit.

Cette variante permet une implémentation directe
15 du mode de réalisation de la Fig. 3 sur une pile de protocole TCP/IP existante.

Toutefois, on notera qu'elle requiert la transmission de quatre segments TCP sur l'interface air, soit $S(B_1, \dots, B_n)$, ack_1^{tcp} , $S(ack_C)$ et ack_2^{tcp} .

20

La Fig. 4B illustre une seconde variante du mode de réalisation précédemment décrit. Cette seconde variante permet de réduire le nombre de segments TCP transitant par l'interface air.

25 Plus précisément, la seconde variante diffère de la première en ce que l'acquiescement ack_1^{tcp} n'est pas transmis de manière indépendante. Cette seconde variante peut être réalisée en retardant l'émission de l'accusé de réception de $S(B_1, \dots, B_n)$ jusqu'à ce que la

couche TCP ait elle-même reçu l'acquittement composite ack_C de la couche AoIP, ou bien en s'assurant que le temps de traitement $\Delta\tau$ des blocs B_1, \dots, B_n par la couche Arinc 618, dans le pire cas où $n=16$, soit inférieur au
5 délai de génération de l'accusé de réception. Le temps de traitement $\Delta\tau$ peut être réduit par un choix convenable du processeur, par un algorithme de compression plus efficace (réduisant donc le nombre et la taille des blocs), ou encore un algorithme de
10 contrôle d'erreur plus rapide.

Dans tous les cas, l'acquittement composite ack_C est transmis avec l'accusé de réception de $S(B_1, \dots, B_n)$ dans un segment TCP unique, noté $S(ack_C, ack_1^{tcp})$. Sur réception de ce segment par le port TCP correspondant
15 du CMU, un acquittement ack_2^{tcp} est renvoyé vers le sol. Le reste du processus d'acquittement est identique à la première variante. En définitive, seulement trois segments TCP transitent sur l'interface pour un message ACARS transmis, soit $S(B_1, \dots, B_n)$, $S(ack_C, ack_1^{tcp})$ et ack_2^{tcp} .

20

La Fig. 5 illustre une troisième variante où la méthode de transmission des messages ACARS utilise un protocole de transport ne possédant pas de propre mécanisme d'acquittement, par exemple le protocole UDP.
25 On sait que le protocole UDP est un protocole non-orienté connexion qui ne garantit pas le bon acheminement des datagrammes.

L'idée à la base de cette variante est d'attendre l'émission d'un message ACARS sur la voie montante pour

renvoyer l'accusé de réception du message qui vient d'être reçu sur la voie descendante. De manière symétrique, on attendra l'émission d'un message sur la voie descendante pour renvoyer l'accusé de réception du message qui vient d'être reçu sur la voie montante. Le cas d'une transmission de message ACARS M sur la voie descendante a été illustré en Fig. 5.

La transmission du message M est effectuée comme déjà décrit en Fig. 4, la couche de transport ayant été ici simplement détaillée. Autrement dit, les blocs B_1, \dots, B_n sont transmis à la couche AoIP qui les concatène et les encapsule dans un datagramme UDP. Le datagramme UDP, noté $U(B_1, \dots, B_n)$ est ensuite incorporé de manière classique dans un datagramme IP. A la réception par le destinataire, le datagramme $U(B_1, \dots, B_n)$ est extrait du datagramme IP et les blocs B_1, \dots, B_n sont successivement remis par la couche UDP à la couche Arinc 618. Les accusés de réception ack_1, \dots, ack_n reçus par la couche AoIP sont convertis par cette couche en un accusé de réception composite ack_C qui est mis en attente.

Lorsque le centre de la compagnie au sol transmet un message ACARS M' sur la voie montante, par exemple en réponse au message M , l'accusé de réception ack_C est embarqué avec les blocs du message M' dans le datagramme UDP. Plus précisément, le message M' est divisé en blocs $B'_1, \dots, B'_{n'}$ avec $n' \leq 16$ par la couche Arinc 618. Le bloc B'_1 est transmis à la couche AoIP qui lui renvoie un acquittement factice \widetilde{ack}'_1 . Le processus est répété pour les blocs suivants à l'exception du dernier

pour lequel l'acquittement factice n'est pas transmis, comme on déjà vu pour la liaison descendante. Lorsque la couche AoIP est en possession des blocs B'_1, \dots, B'_n , elle vérifie si un accusé de réception est en attente. Si c'est le cas l'accusé de réception est embarqué avec les blocs B'_1, \dots, B'_n dans le même datagramme UDP, l'embarquement d'un accusé de réception étant éventuellement signalé dans le datagramme par un entête caractéristique.

Avantageusement, un temporisateur est armé avec une temporisation τ_{\max} lorsque les n blocs B_1, \dots, B_n ont été reçus par la couche AoIP. Si un message M' est à transmettre par la couche AoIP pendant la temporisation τ_{\max} , l'accusé de réception ack_C est embarqué avec les blocs du message M' comme décrit précédemment. En revanche, si au terme de la temporisation aucun message M' n'est toujours à transmettre sur la voie montante, l'accusé de réception est alors envoyé au moyen d'un datagramme UDP séparé. La durée de temporisation peut être adaptive et notamment dépendre du taux de remplissage du buffer d'émission de messages ACARS sur la voie descendante. Ainsi, pour un taux de remplissage élevé, la durée τ_{\max} sera choisie relativement faible, de manière à ne pas retarder l'envoi d'un nouveau message par la couche Arinc 618.

Dans le cas illustré en Fig. 5, l'accusé de réception composite unique ack_C est concaténé avec les blocs B'_1, \dots, B'_n pour être transmis sous la forme d'un datagramme noté $U(e, B'_1, \dots, B'_n, ack_C)$, où e est l'entête

précité. Ce datagramme UDP est bien entendu ensuite incorporé dans un datagramme IP qui est routé vers le CMU de l'aéronef. A destination, le datagramme $U(e, B'_1, \dots, B'_n, ack_C)$ est extrait du datagramme IP. La couche

5 AoIP reconnaît alors la présence d'un accusé de réception grâce à la présence de l'entête e . Elle extrait et segmente les blocs B'_1, \dots, B'_n ainsi que l'acquiescement ack_C , avant de les remettre à la couche Arinc 618. L'entête e peut également indiquer le taux

10 de remplissage du buffer de messages ACARS sur la voie montante. De manière symétrique à la voie descendante, un temporisateur sera armé dès réception des blocs B'_1, \dots, B'_n avec une durée de temporisation τ'_{max} . Cette durée dépendra du taux de remplissage indiqué dans

15 l'entête. Comme précédemment, elle définit le temps d'attente maximal pour acquiescer la réception du message M' , l'acquiescement de réception ack'_C pouvant être transmis par un datagramme UDP $U(e', B_1, \dots, B_n, ack'_C)$ embarquant un nouveau message sur la voie descendante

20 ou, à défaut, par un datagramme UDP séparé, au terme de la temporisation. Le datagramme $U(e', B_1, \dots, B_n, ack'_C)$ comprend avantageusement un entête indiquant l'état du buffer d'émission sur la voie descendante.

En définitive, pour un message ACARS transmis, un

25 seul datagramme transite, en règle générale, sur l'interface air, à savoir $U(e', B_1, \dots, B_n, ack'_C)$ pour le message sur la voie descendante et $U(e, B'_1, \dots, B'_n, ack_C)$ pour le message sur la voie montante.

REVENDEICATIONS

1. Méthode de transmission de messages ACARS sur IP, entre un émetteur et un récepteur, un message ACARS (M) émis par une application étant divisé en une pluralité de blocs (B_1, B_2, \dots, B_n) , caractérisée en ce que pour chaque bloc dudit message, à l'exception du dernier, on renvoie localement, au niveau de l'émetteur, un accusé de réception factice $(\bar{ack}_1, \bar{ack}_2, \dots, \bar{ack}_n)$ dudit bloc à ladite application et que, lorsque l'émetteur reçoit du récepteur un message $(D(ack_C), S(ack_C), S(ack_C, ack_1^{tcp}), U(e, B'_1, \dots, B'_n, ack_C))$, indiquant une bonne réception de ladite pluralité des blocs transmis, il génère un accusé de réception (ack_n) du dernier bloc avant de le renvoyer à ladite application.

2. Méthode de transmission selon la revendication 1, caractérisée en ce ladite application comprend une couche de protocole Arinc 618, que ledit message ACARS est conforme à la norme Arinc 618 et que l'accusé de réception est transmis à cette couche.

3. Méthode de transmission selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'émetteur comprend une couche d'adaptation de protocole, dite première couche d'adaptation, entre la couche de protocole Arinc 618 et une couche IP, ladite première couche d'adaptation renvoyant pour chaque bloc du message ACARS, à l'exception du dernier, un

acquiescement factice à la couche de protocole Arinc 618, et lorsqu'elle a reçu de cette couche la totalité des blocs dudit message, les concatène et encapsule les blocs ainsi concaténés dans un premier datagramme IP.

4. Méthode de transmission selon la revendication 3, caractérisée en ce que le récepteur comprend une couche d'adaptation de protocole, dite seconde couche d'adaptation, entre une couche de protocole Arinc 618 d'une seconde application et la couche IP, ladite seconde couche d'adaptation étant adaptée à décapsuler et segmenter la charge utile dudit datagramme IP pour récupérer lesdits blocs, puis à fournir les blocs, un par un, à la couche de protocole Arinc 618 de ladite seconde application, un bloc ne lui étant fourni que lorsqu'elle a accusé réception du bloc précédent.

5. Méthode de transmission selon la revendication 4, caractérisée en ce que lorsque la seconde couche d'adaptation a reçu, de la couche de protocole Arinc 618 de la seconde application, la totalité des accusés de réception ($ack_1, ack_2, \dots, ack_n$) desdits blocs, elle renvoie à l'émetteur, dans un second datagramme IP ($D(ack_C)$), un accusé de réception de la pluralité desdits blocs.

6. Méthode de transmission selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'émetteur comprend une couche d'adaptation de protocole, dite troisième couche d'adaptation, entre la couche de

protocole Arinc 618 et une couche TCP sur IP, ladite troisième couche d'adaptation renvoyant pour chaque bloc du message ACARS, à l'exception du dernier, un acquittement factice à la couche de protocole Arinc 618, et lorsqu'elle a reçu de cette couche la totalité des blocs dudit message, les concatène et encapsule les blocs ainsi concaténés dans un premier segment TCP.

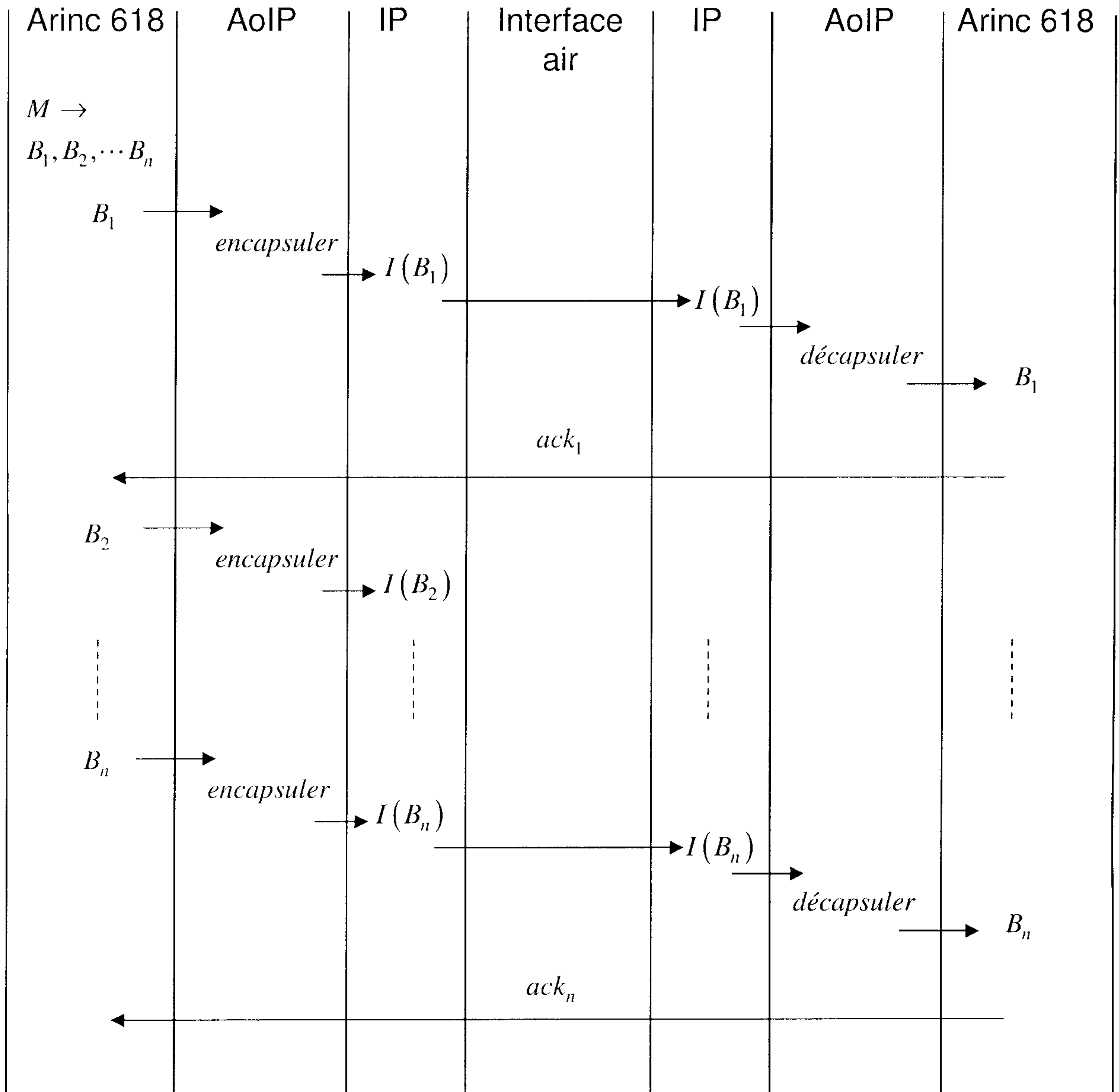
7. Méthode de transmission selon la revendication 6, caractérisée en ce que le récepteur comprend une couche d'adaptation de protocole, dite quatrième couche d'adaptation, entre une couche de protocole Arinc 618 d'une seconde application et la couche TCP, ladite quatrième couche d'adaptation étant adaptée à décapsuler et segmenter la charge utile dudit premier segment TCP pour récupérer lesdits blocs, puis à fournir les blocs, un par un, à la couche de protocole Arinc 618 de la seconde application, un bloc ne lui étant fourni que lorsqu'elle a accusé réception du bloc précédent.

8. Méthode de transmission selon la revendication 7, caractérisée en ce que, lorsque la quatrième couche d'adaptation a reçu, de la couche de protocole Arinc 618 de la seconde application, la totalité des accusés de réception $(ack_1, ack_2, \dots, ack_n)$ desdits blocs, elle renvoie à l'émetteur, un second segment TCP $(S(ack_C), S(ack_C, ack_1^{tcp}))$, contenant un accusé de réception (ack_C) de la pluralité desdits blocs ainsi qu'un acquittement du premier segment TCP (ack_1^{tcp}) .

9. Méthode de transmission selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'émetteur comprend une couche d'adaptation de protocole, dite cinquième couche d'adaptation, entre la couche de protocole Arinc 618 et une couche UDP sur IP, ladite cinquième couche d'adaptation renvoyant pour chaque bloc du message ACARS, à l'exception du dernier, un acquittement factice à la couche de protocole Arinc 618, et lorsqu'elle a reçu de cette couche la totalité des blocs dudit message, les concatène et encapsule les blocs ainsi concaténés dans un premier datagramme UDP.

10. Méthode de transmission selon la revendication 9, caractérisée en ce que le récepteur comprend une couche d'adaptation de protocole, dite sixième couche d'adaptation, entre une couche de protocole Arinc 618 d'une seconde application et la couche UDP, ladite sixième couche d'adaptation étant adaptée à décapsuler et segmenter la charge utile dudit premier datagramme UDP pour récupérer lesdits blocs, puis à fournir les blocs, un par un, à la couche de protocole Arinc 618 de la seconde application, un bloc ne lui étant fourni que lorsqu'elle a accusé réception du bloc précédent et en ce que, lorsque la sixième couche d'adaptation a reçu, de la couche de protocole Arinc 618 de la seconde application, la totalité des accusés de réception ($ack_1, ack_2, \dots, ack_n$) desdits blocs, elle attend l'envoi d'un second message ACARS (M') à destination de l'émetteur, un accusé de réception de la pluralité desdits blocs (ack_C) étant alors concaténé

aux blocs du second message avant d'être placé dans un second datagramme UDP.



ART ANTÉRIEUR

Fig. 1

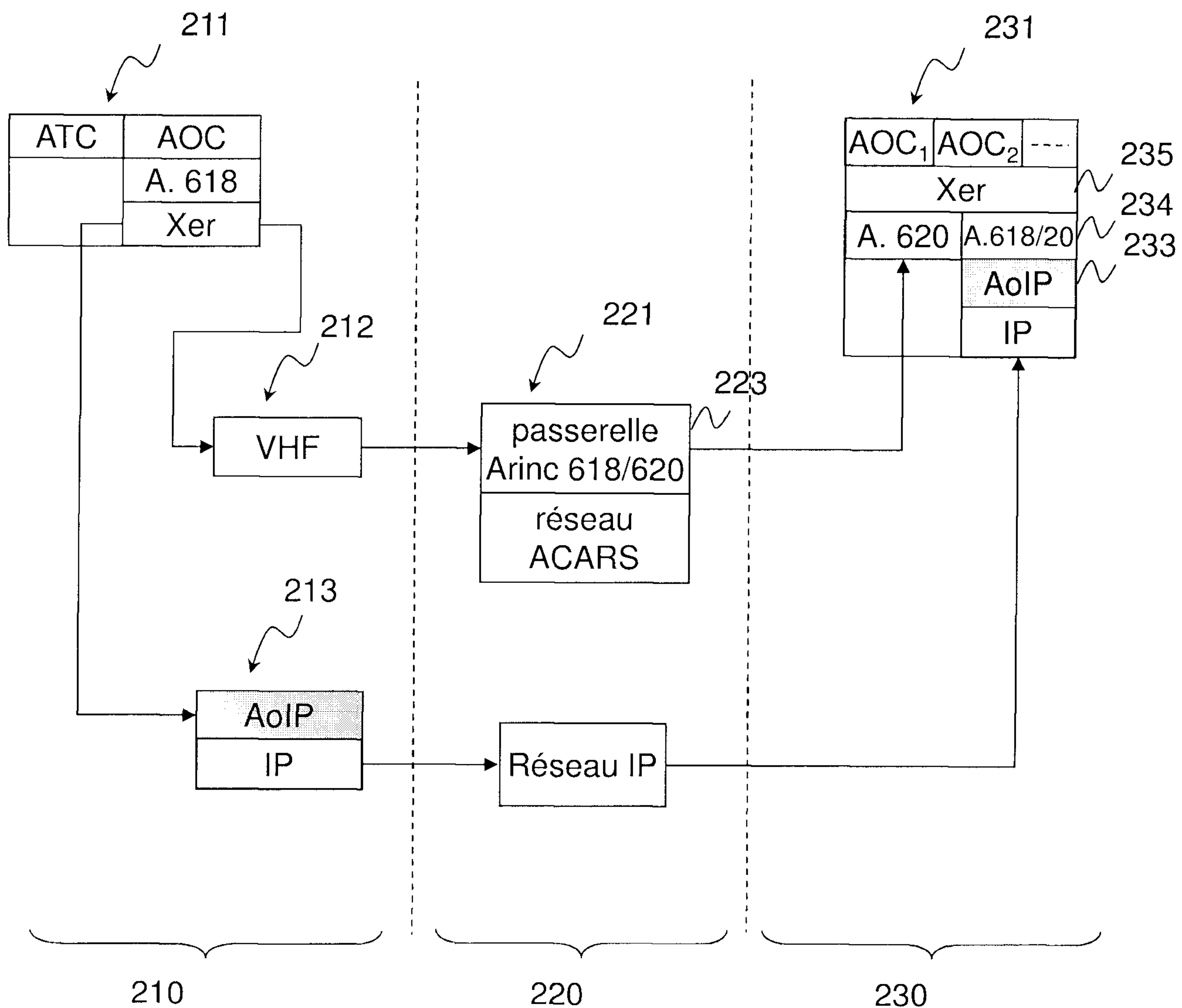


Fig. 2

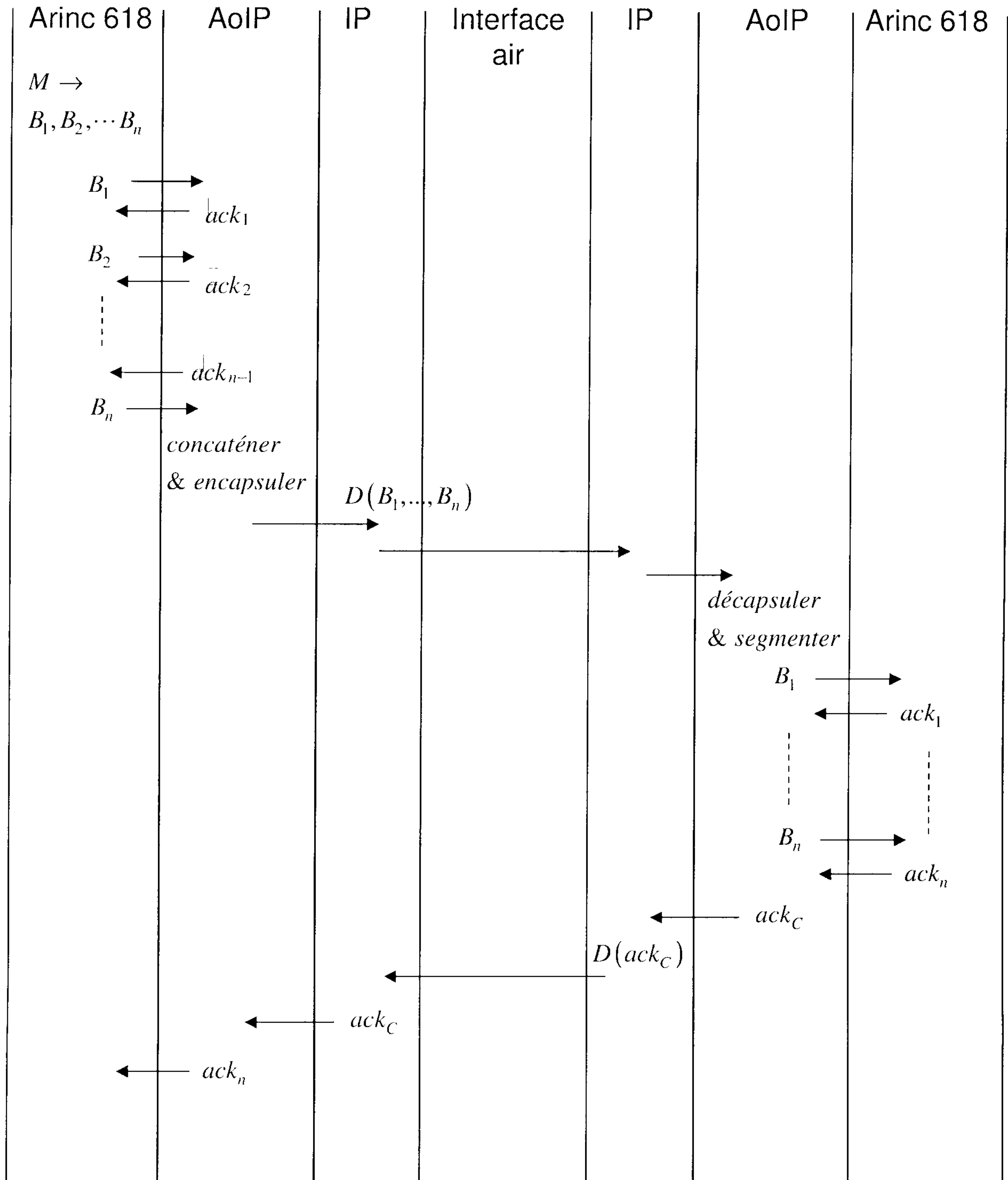


Fig. 3

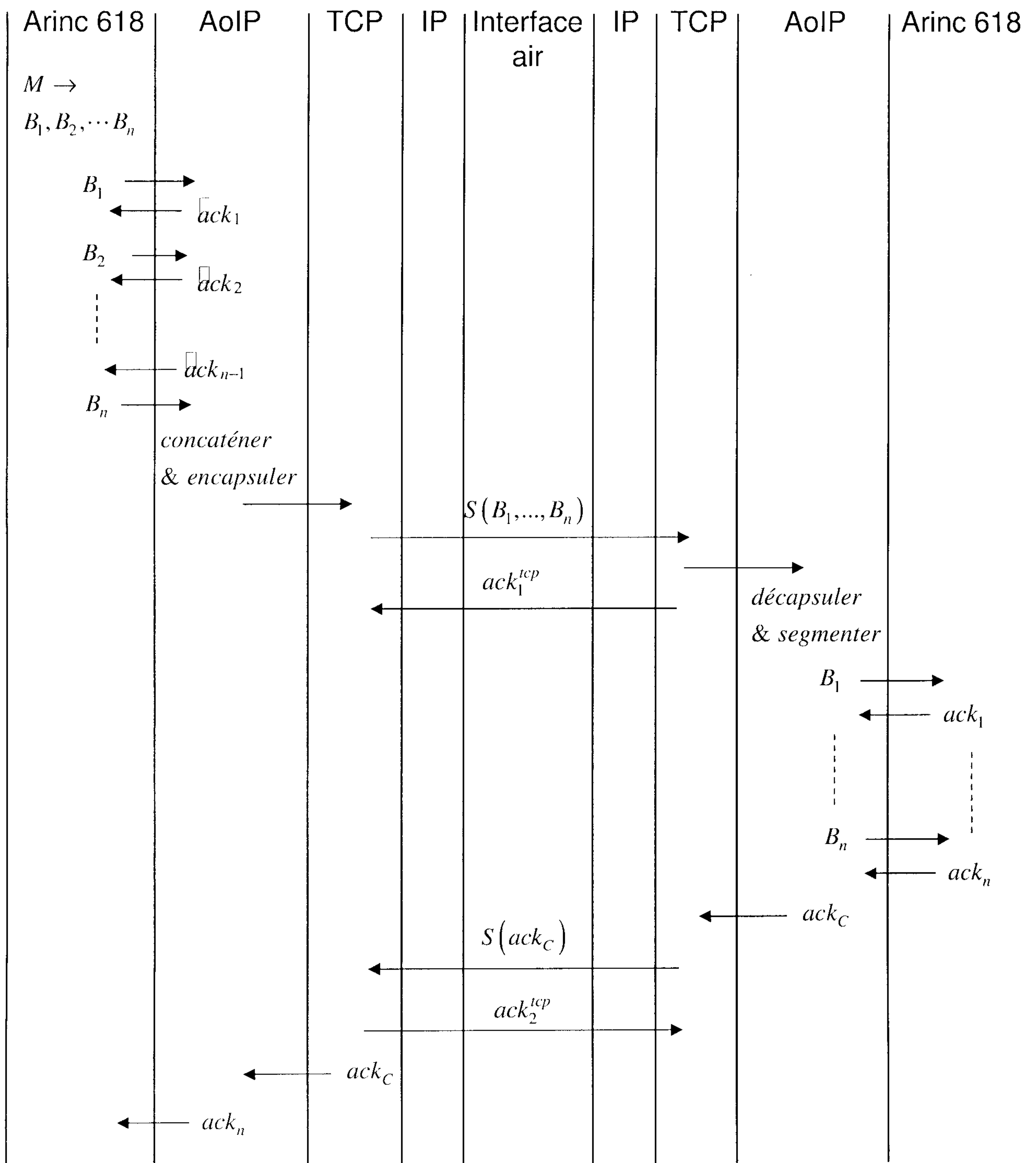


Fig. 4A

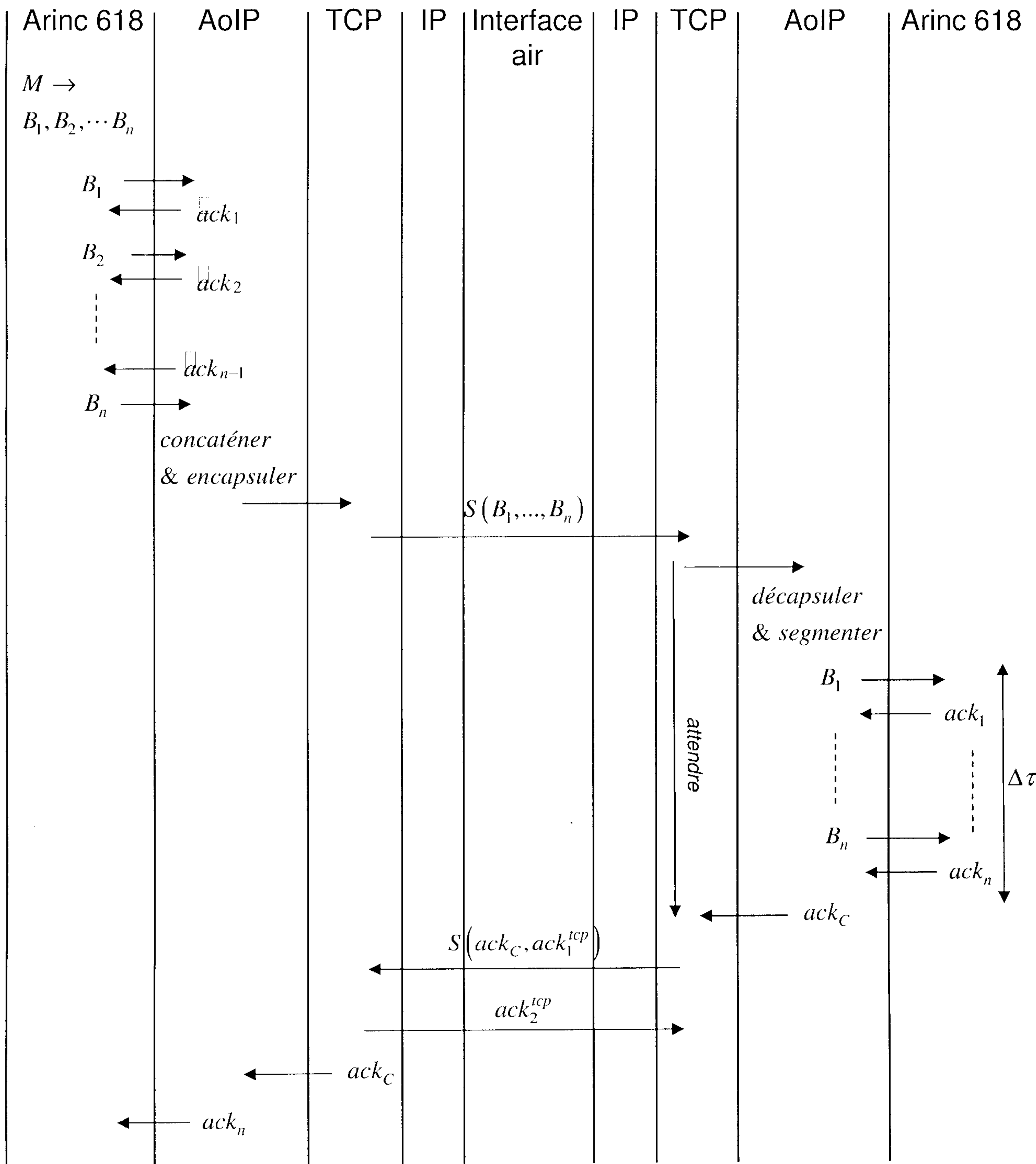


Fig. 4B

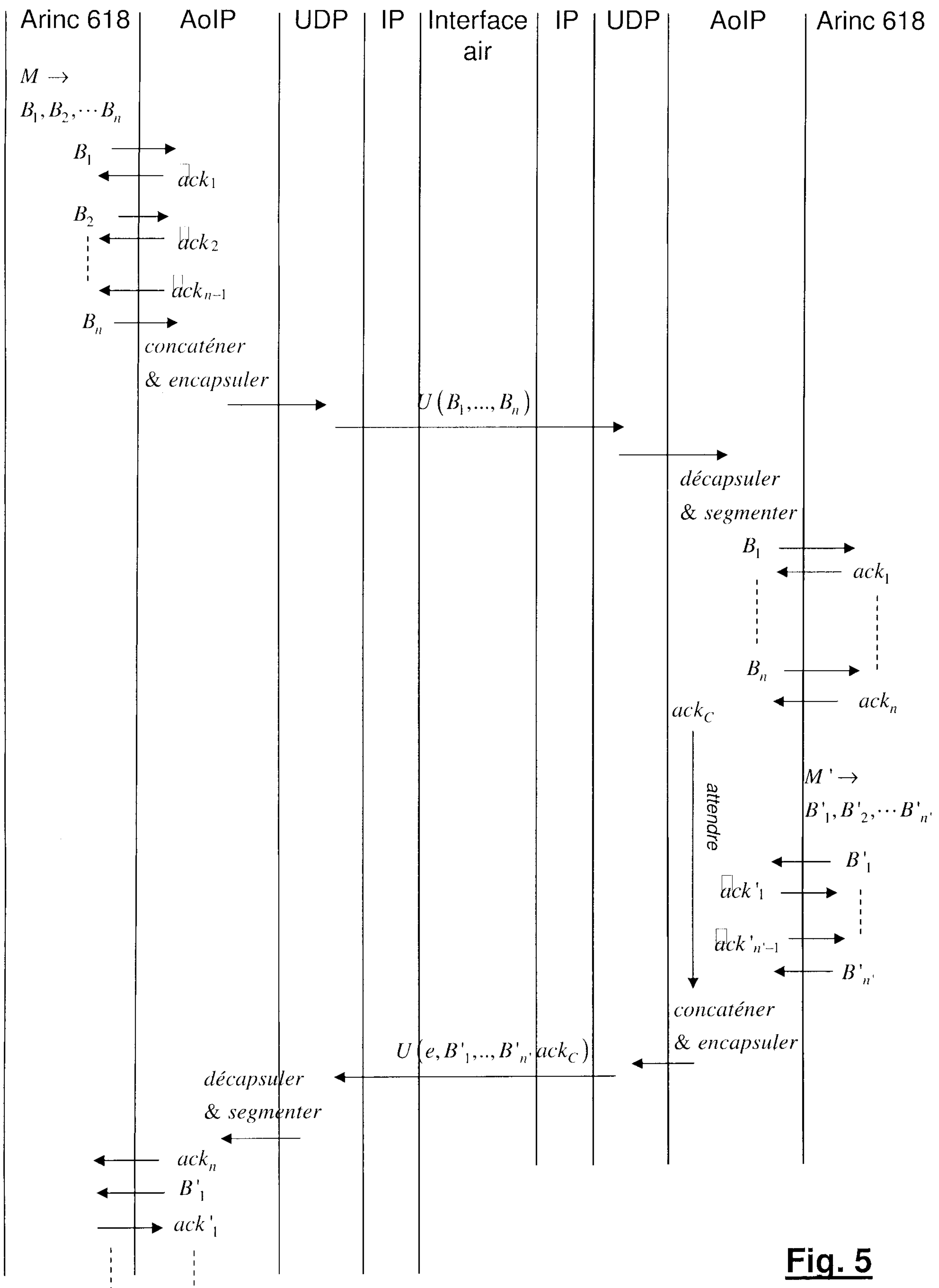


Fig. 5