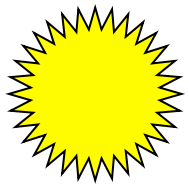
Modèle OSI et généralités dans les réseaux

Elias Doumith
Jean Louis Rougier
Philippe Martins
Marceau Coupechoux
(cours largement inspiré de [1-2-4])

Département Informatique et Réseaux

Transparents importants :



Objectifs du cours

- Comprendre le modèle en couches et être capable d'indiquer le rôle de chaque couche et de donner des exemples.

- Maîtriser la notion d'encapsulation (lien entre PDU et SDU).

- Maîtriser la notion de primitive.

- Notion de service connecté et de service non connecté :
  - Cas de la couche réseau :
    - Service connecté : commutation de circuit virtuel,
    - Service non connecté : transmission par datagrammes (commutation de messages et commutation de paquets).

Sommaire

- Présentation du modèle OSI
- Principes de l'architecture en couches
- Commutation
- Service
- Eléments de réseau
- Conclusion

I. Présentation du modèle OSI

Le modèle OSI (*Open Systems Interconnection*) ou « modèle de référence pour l'interconnexion des systèmes » ouverts a été normalisé par l'ISO (*International Standardization Organisation*) dans les années 70 [4].

- Système = terminaux, ordinateurs, éléments de réseau.
- Système ouvert = système respectant les règles du modèle qui permettent de coopérer avec d'autres systèmes.

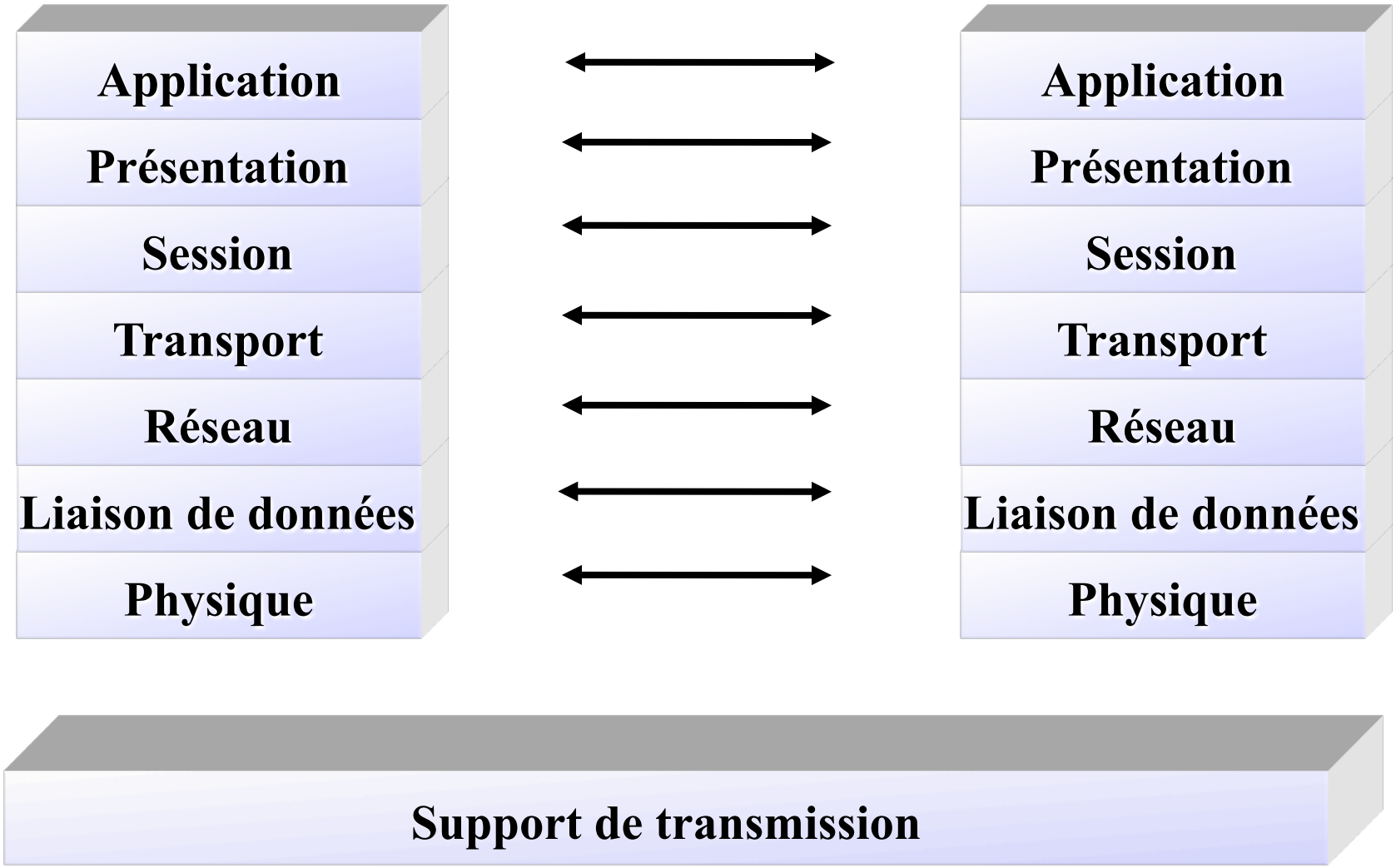
Ce modèle définit une architecture de référence permettant la communication entre différents systèmes hétérogènes. Les tâches à effectuer sont structurées en **7 niveaux appelés couches**.

Ce modèle a rencontré peu de succès « en pratique » …

Il est surtout utilisé aujourd'hui comme architecture de référence :

- Il permet d'introduire un certain nombre de **concepts fondamentaux** (couches, primitives, encapsulation…).
- Il introduit le **vocabulaire** de base couramment usité en réseaux (PDU Protocol Data Unit, SDU Service Data Unit …).

I. Présentation du modèle OSI



Caractéristiques des couches :

- Chaque couche assure en ensemble de fonctions bien définies.
- Une couche de niveau N crée un niveau d'abstraction pour la couche de niveau N+1.
- Les fonctions d'une couche visent à la standardisation internationale de protocoles.
- Les informations qui transitent entre couches doivent être minimisées.

I. Présentation du modèle OSI

Couche **Physique** (*Physical layer*)

- Partie analogique :
  - Transmettre des bits reçus de la couche 2 sur le support physique,
  - Recevoir et interpréter les signaux reçus en une suite d'éléments binaires.

  => Moyens mécaniques et électriques.
- Partie numérique : modulation, égalisation, codage source, canal, détection/correction des erreurs...

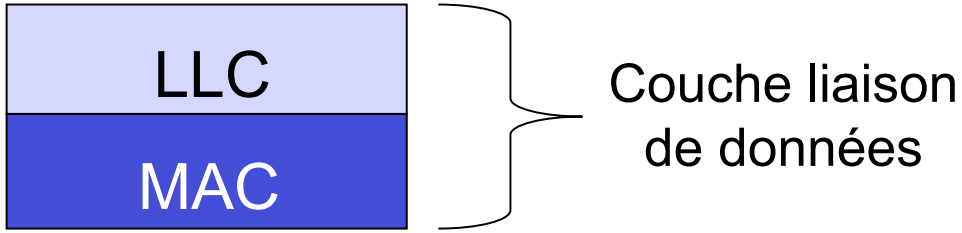
  => Traitement du signal et communications numériques.
- Paramètres de qualité de service :
  - Vitesse de transmission,
  - Taux d'erreur binaire, taux d'erreur paquet,
  - Disponibilité,
  - Délai de propagation.
- Exemples : 10 Base T (Ethernet), DSSS (802.11b), etc

Couche **Liaison de Données** (*Data-link layer*)

- Fiabiliser une liaison physique entre deux entités réseau (fonction LLC) :
  - Formation des trames, délimitation trame,
  - Etablissement, maintien, libération de connexion (mode connecté),
  - Détection d'erreurs,
  - Maintien en séquence des trames,
  - Retransmission en cas d'erreur, acquittement en cas de succès,
  - Contrôle de Flux (éviter qu'un récepteur ne soit submergé par un émetteur trop rapide).
- Gérer l'accès dans le contexte d'un médium partagé (fonction MAC).
- Exemples :

HDLC, LAP-B, 802.2,...

MAC 802.3 (CSMA-CD),
MAC 802.11 (CSMA-CA),...



Couche **Réseau** (*Network layer*)

- Aiguiller, i.e. router, les données d'un terminal à l'autre à travers un réseau (ou des réseaux « hétérogènes »). Il s'agit de cacher à la couche Transport les problèmes de routage, de relais et d'hétérogénéité des réseaux :
  - Adressage,
  - Routage, Commutation,
  - Etablissement, maintien, libération des connexions réseau (mode connecté),
  - Multiplexage de connexions réseau sur des connexions liaison de données,
  - Segmentation/groupage des SDUs venant de la couche supérieure,
  - Détection d'erreurs (notification, reprise sur erreur),
  - Maintien en séquence des paquets,
  - Contrôle de flux.
- Exemples : X.25, IP (Internet Protocol).

Couche **Transport** (*Transport layer*)

- Fiabilise la transmission de bout en bout :
  - Etablissement, maintient, libération de la connexion de bout en bout,
  - Multiplexage/éclatement des connexions transport sur des connexions réseau,
  - Maintien en séquence des données,
  - Détection d'erreur,
  - Retransmission en cas d'erreur, acquittement en cas de succès,
  - Segmentation, groupage, concaténation,
  - Contrôle de Flux,
  - Supervision.
- L'ISO a défini 5 types de classes de transport implémentant tout ou partie des fonctions ci-dessus suivant les services offerts par la couche réseau.
- Exemples : TCP/UDP (voir Introduction à l'Internet).

I. Présentation du modèle OSI

Couche **Session** (*Session layer*)

- Gestion d'un contexte d'une session de communication :
  - Gestion des dialogues,
  - Gestion du jeton (accès unique à une ressource critique),
  - Synchronisation (reprise de transmissions interrompues).
- La couche session est rarement implémentée.

Couche **Présentation** (*Presentation layer*)

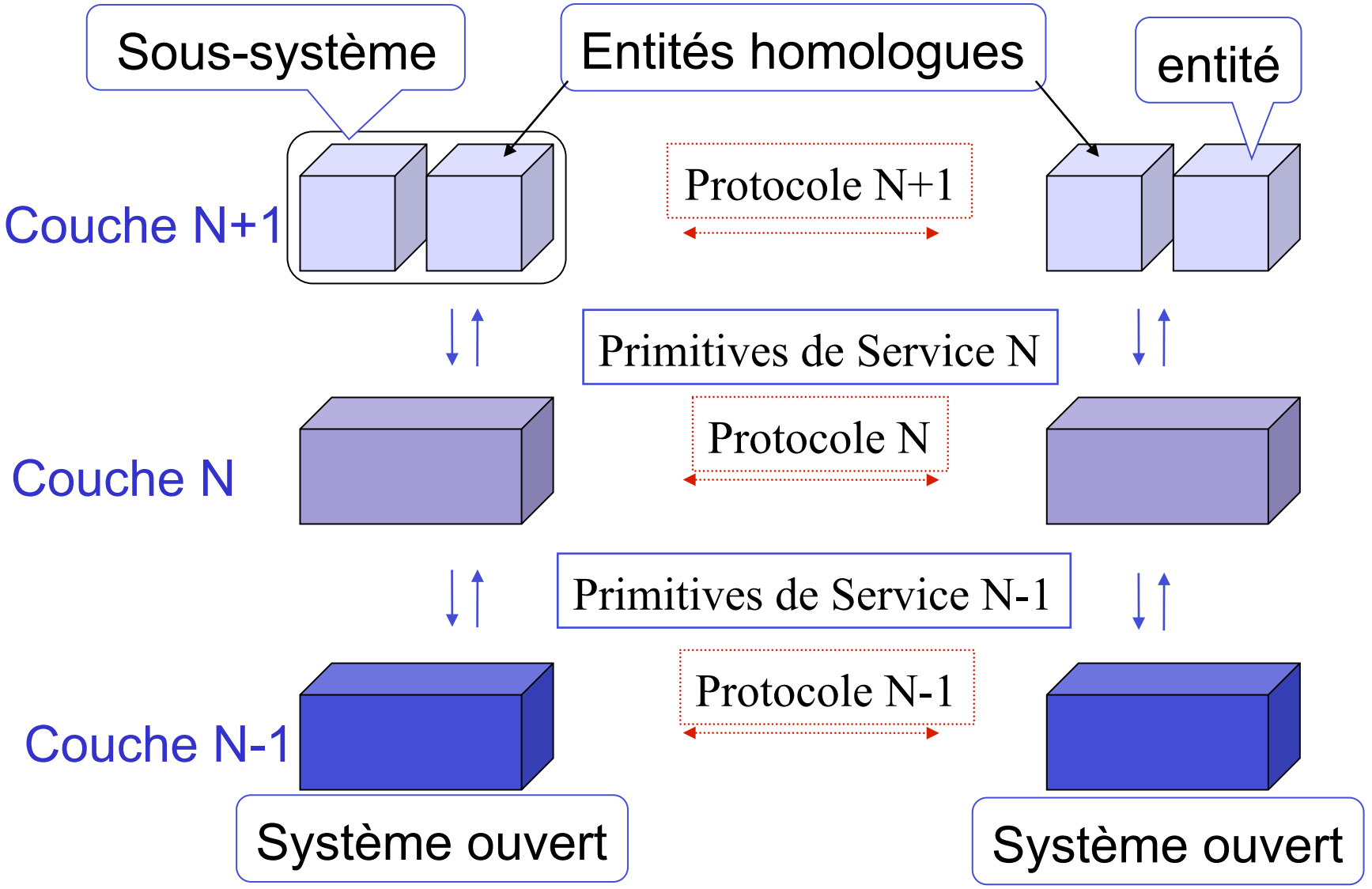
- Définition d'une syntaxe commune pour la représentation des données indépendante du matériel.
- Comprend la syntaxe abstraite (structures de données) et l'encodage.
- Exemple de syntaxe abstraite : ASN.1 (*Abstract Syntax Notation*)
  - ASN.1 est utilisée en GSM pour le dialogue entre bases de données.
- Exemple d'encodage : TLV (Type Length Value)
  - Chaque donnée est codée par 3 champs : étiquette (entier, réel, chaîne de caractères, structure complexe,...), longueur (taille en octets), données,
  - Le codage est récursif.

Couche **Application** (*Application layer*)

- Normalisation de protocoles pour les services de communication standards :
  - Source et destination de toutes les données à transporter,
  - Applications utilisateurs qui ont besoin de communiquer entre elles à travers les systèmes ouverts.
- Exemples :
  - E-mail (SMTP : *Simple Message Transfer Protocol*),
  - Transfert de fichier (FTP : *File Transfer Protocol*),
  - WWW (HTTP : *Hyper Text Transfer Protocol*), …

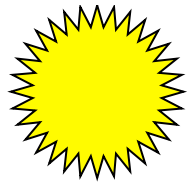
II. Principes de l'architecture en couches

A. Structure



II. Principes de l'architecture en couches

A. Structure



- Système ouvert : terminal, ordinateur ou périphérique respectant le modèle permettant de communiquer avec d'autres systèmes ouverts.

- Entité : procédure informatique qui s'occupe d'une tâche spécifique comme par exemple la gestion d'un protocole de liaison de données ou l'émission d'un signal électrique.
  Par abus de langage, une entité est souvent appelée « couche ».

- Sous-système : ensemble des entités d'un même niveau de détail (couche).

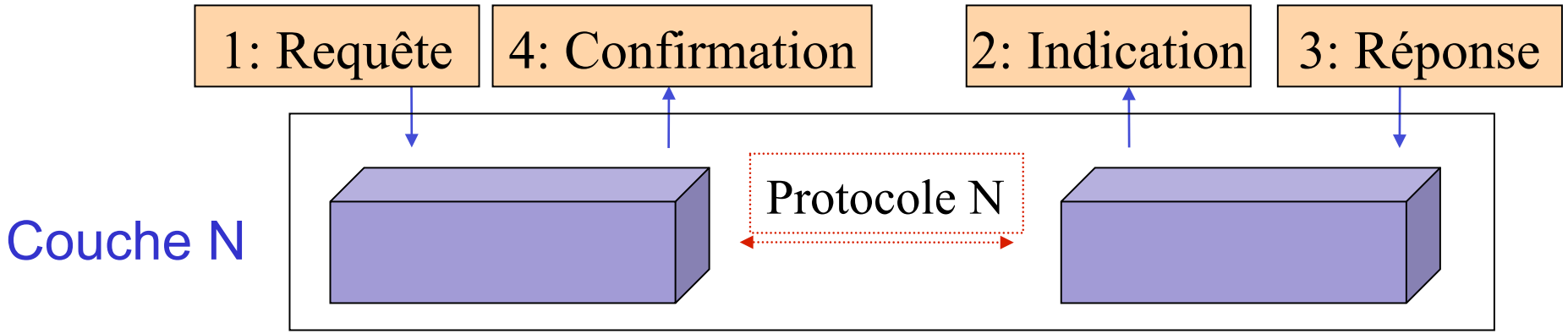
- Couche : ensemble des sous-systèmes de même niveau.

- Protocole : règles d'échange entre entités de même couche.

- Primitives : messages échangés entre entités d'un même système ouvert.

II. Principes de l'architecture en couches

B. Primitives



La couche N fournit des services N à la couche N+1 via les primitives N en s'appuyant sur les services fournis par la couche N-1.

Requête : la couche N+1 demande à la couche N l'activation d'un service.

Indication : la couche N avise la couche N+1 de l'activation d'un service.

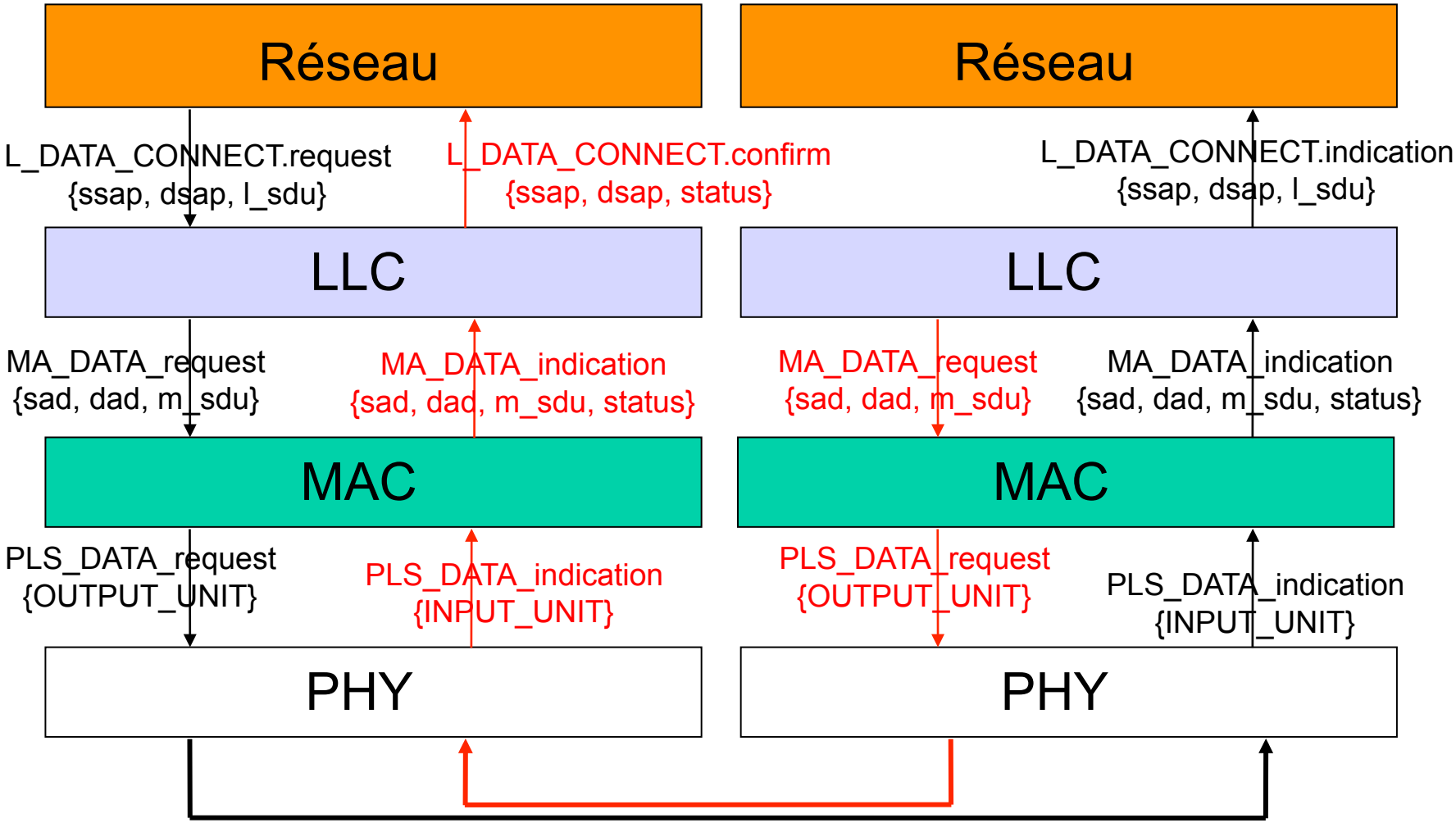
Réponse : réponse de la couche N+1 à une indication reçue.

Confirmation : la couche N avise la couche N+1 que le service demandé est actif.

II. Principes de l'architecture en couches

B. Primitives

Exemple : transfert de données LLC avec connexion et acquittement / Ethernet



II. Principes de l'architecture en couches
C. Unités de données

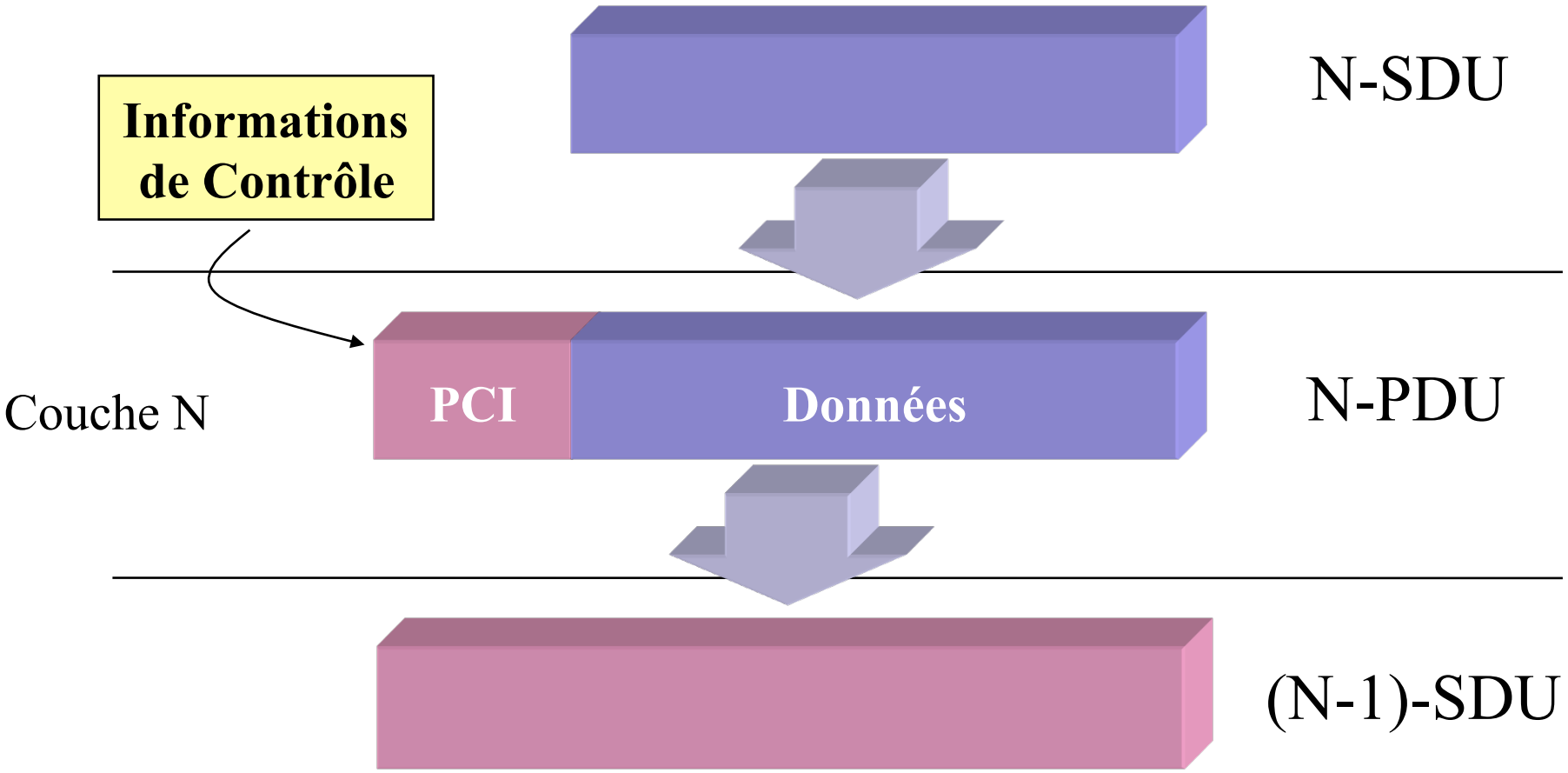
Les unités de données échangées (arguments) dans les primitives de services sont appelées SDU

- **SDU: Service Data Unit**

Les unités de données manipulées par le protocole sont appelées PDU

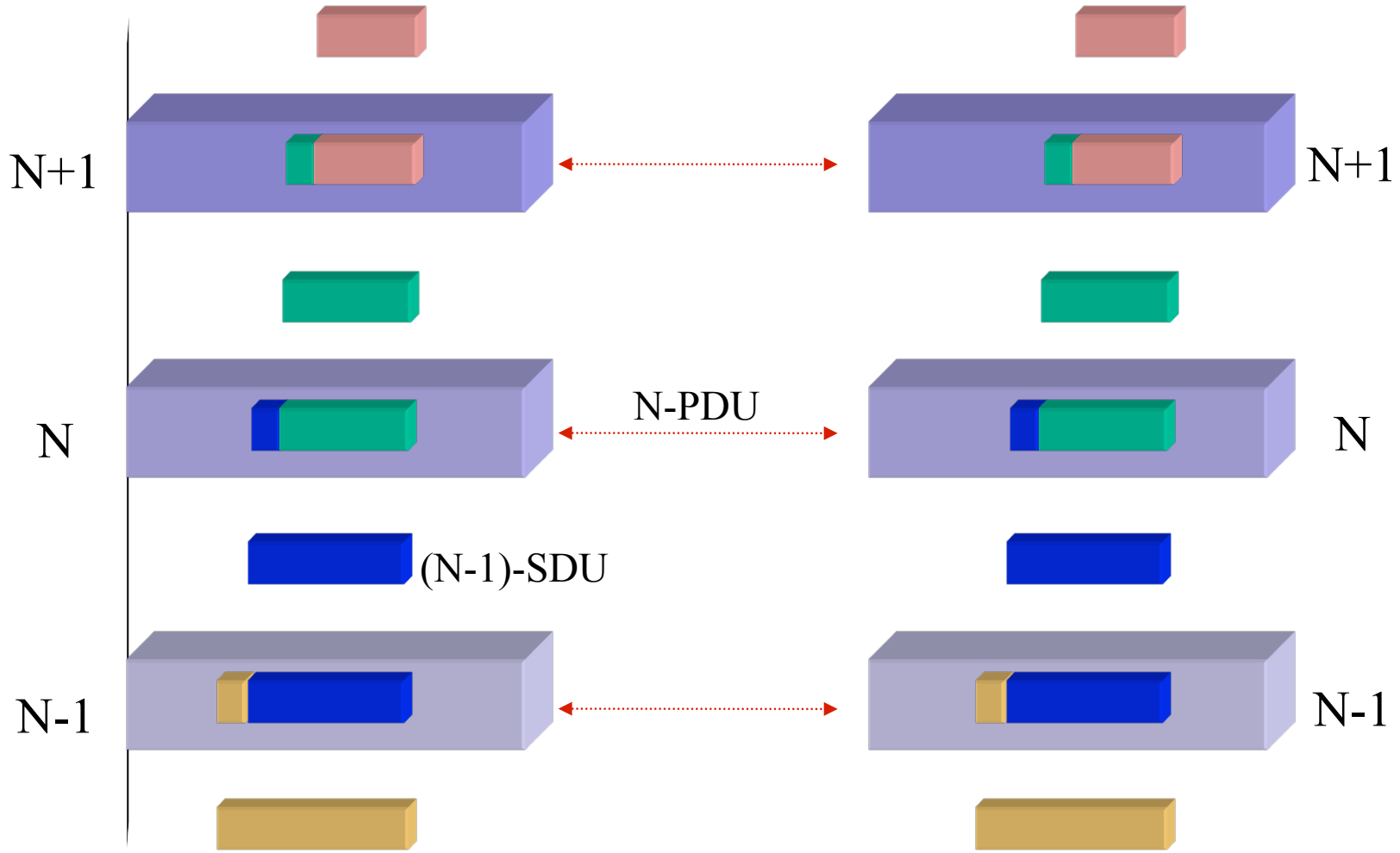
- **PDU: Protocol Data Unit**
- Il s'agit du SDU à transporter + champs spécifiques de contrôle du protocole (**PCI : Protocol Control Information**)

Encapsulation : construction de PDU(s) à partir de SDU(s).



II. Principes de l'architecture en couches

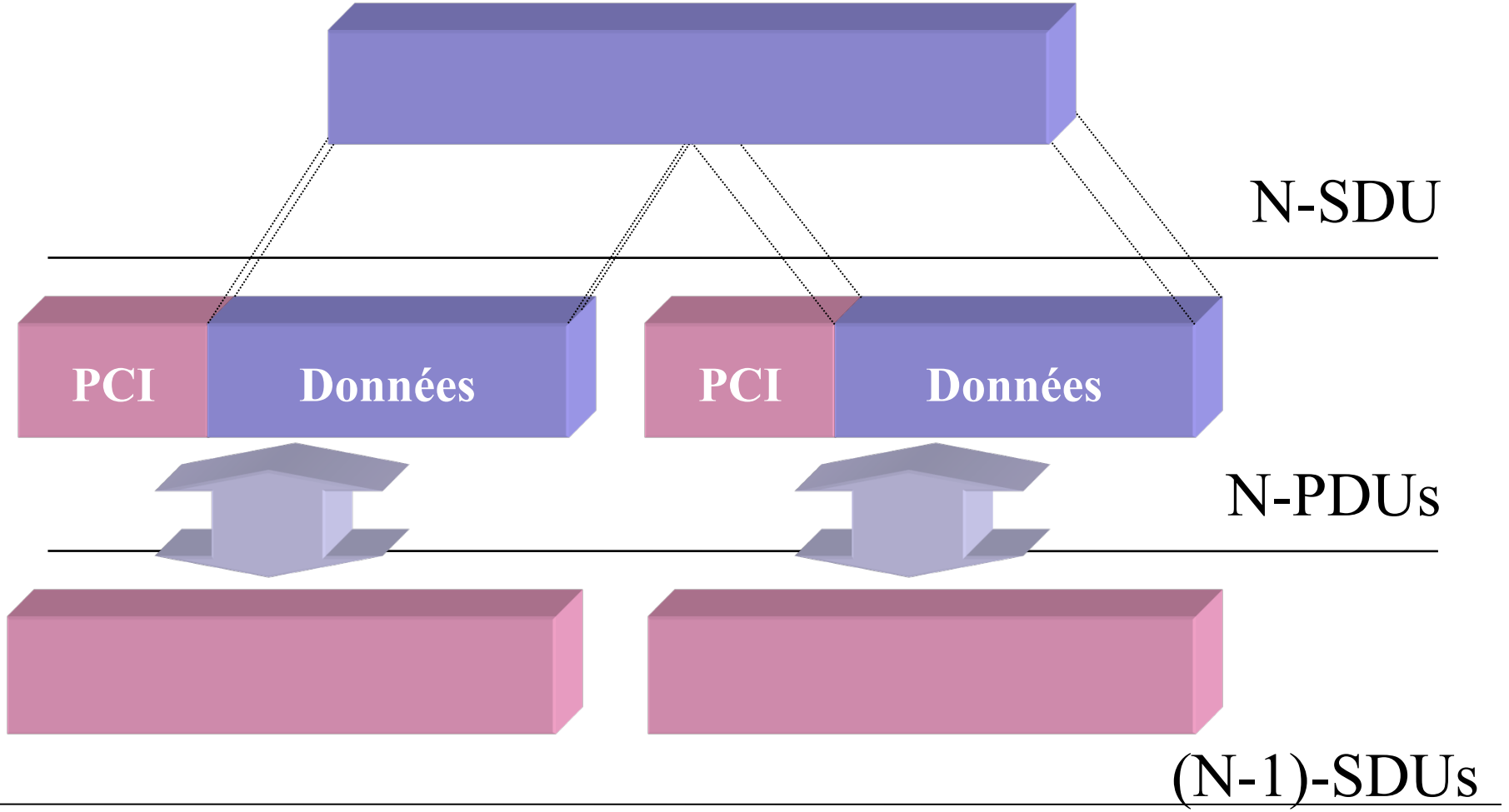
C. Unités de données



II. Principes de l'architecture en couches

C. Unités de données

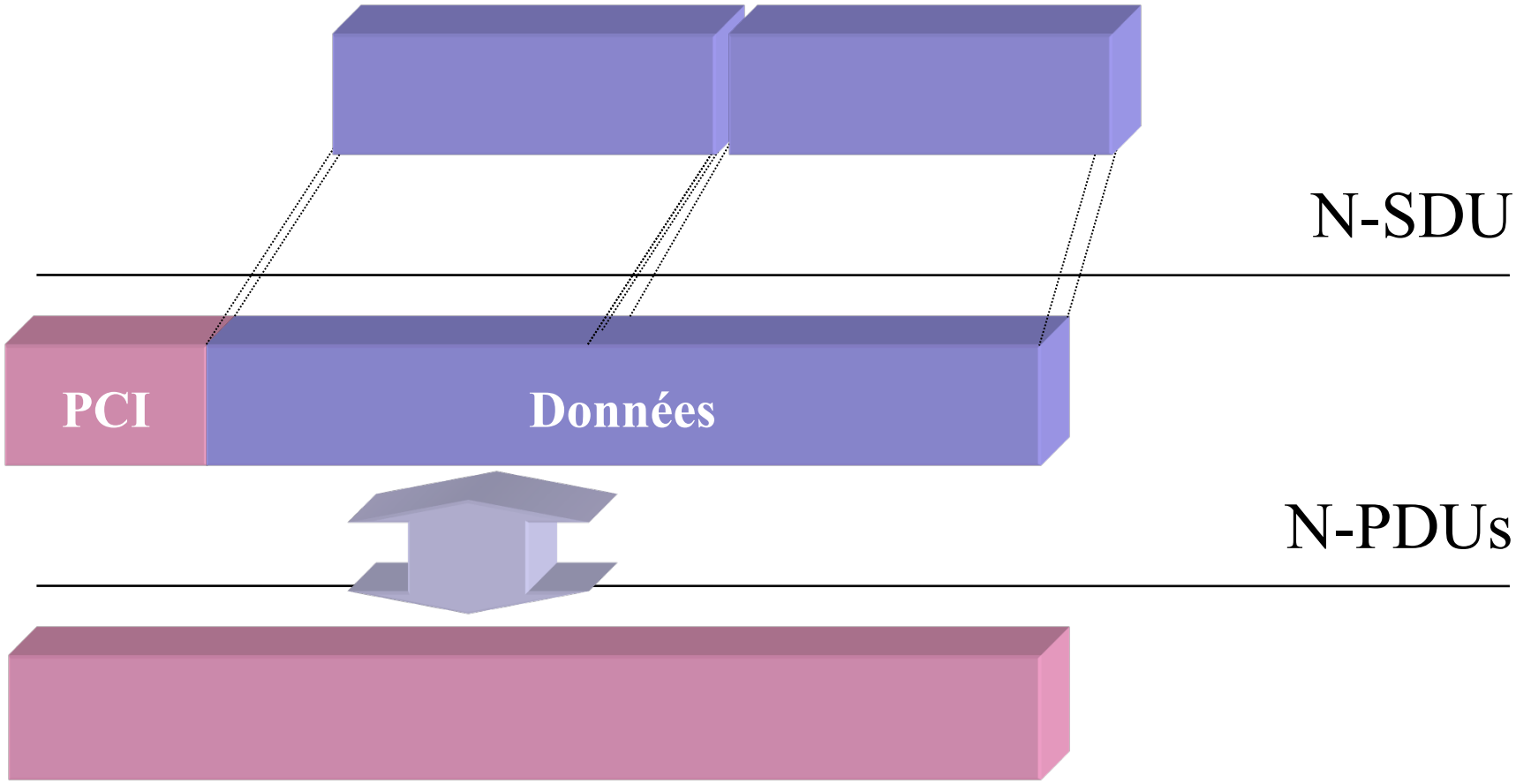
Segmentation et réassemblage (N) : projeter un SDU(N) sur plusieurs PDUs(N) et inversement.



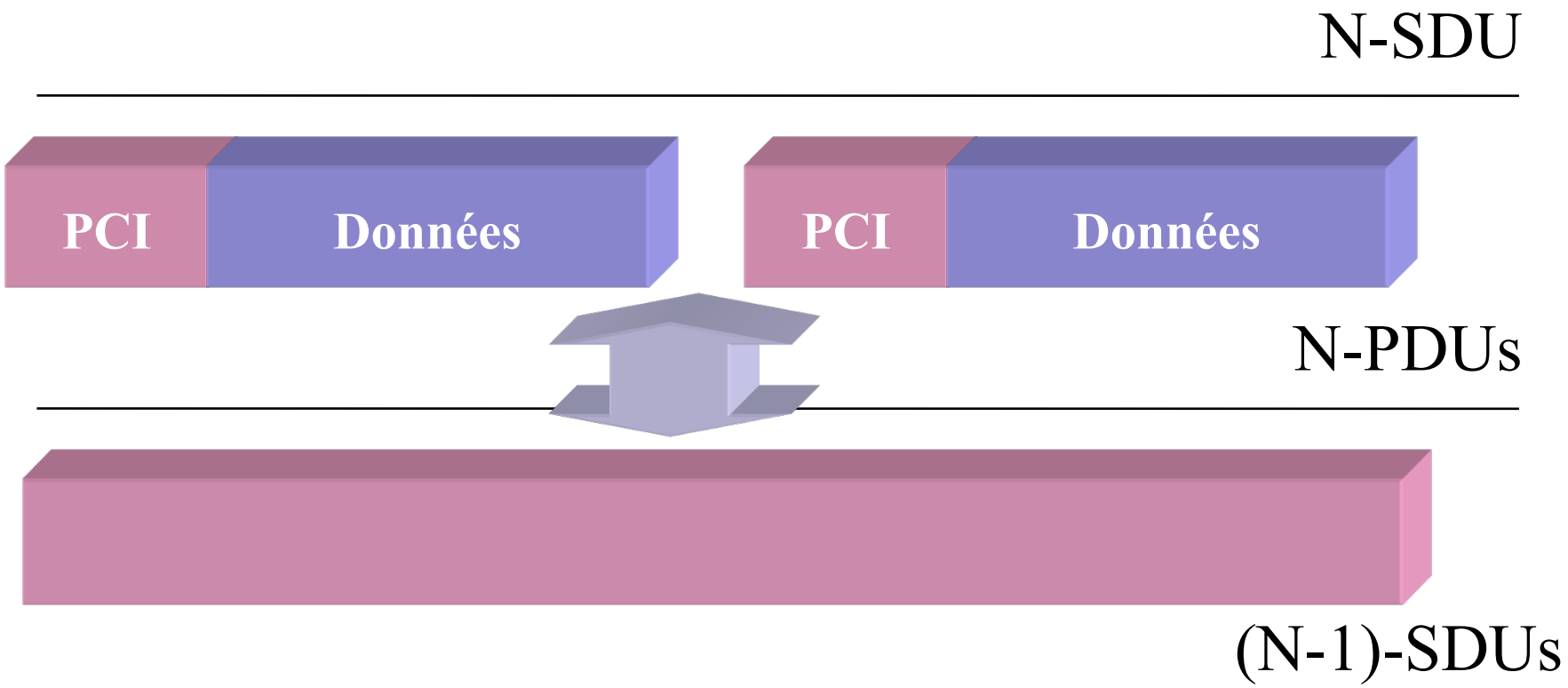
II. Principes de l'architecture en couches

C. Unités de données

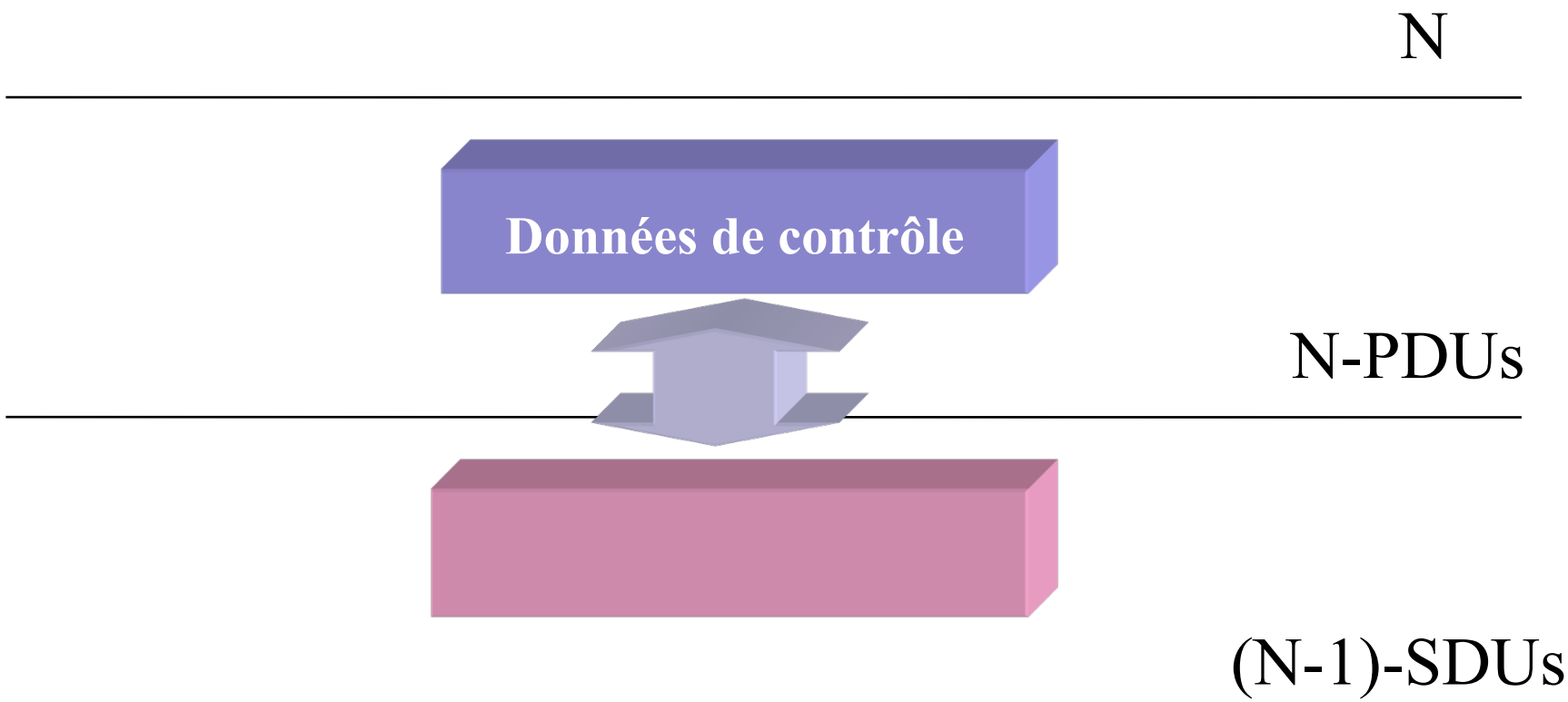
Groupage et dégroupage (N) : projeter plusieurs SDUs(N) sur un PDU(N) et inversement.



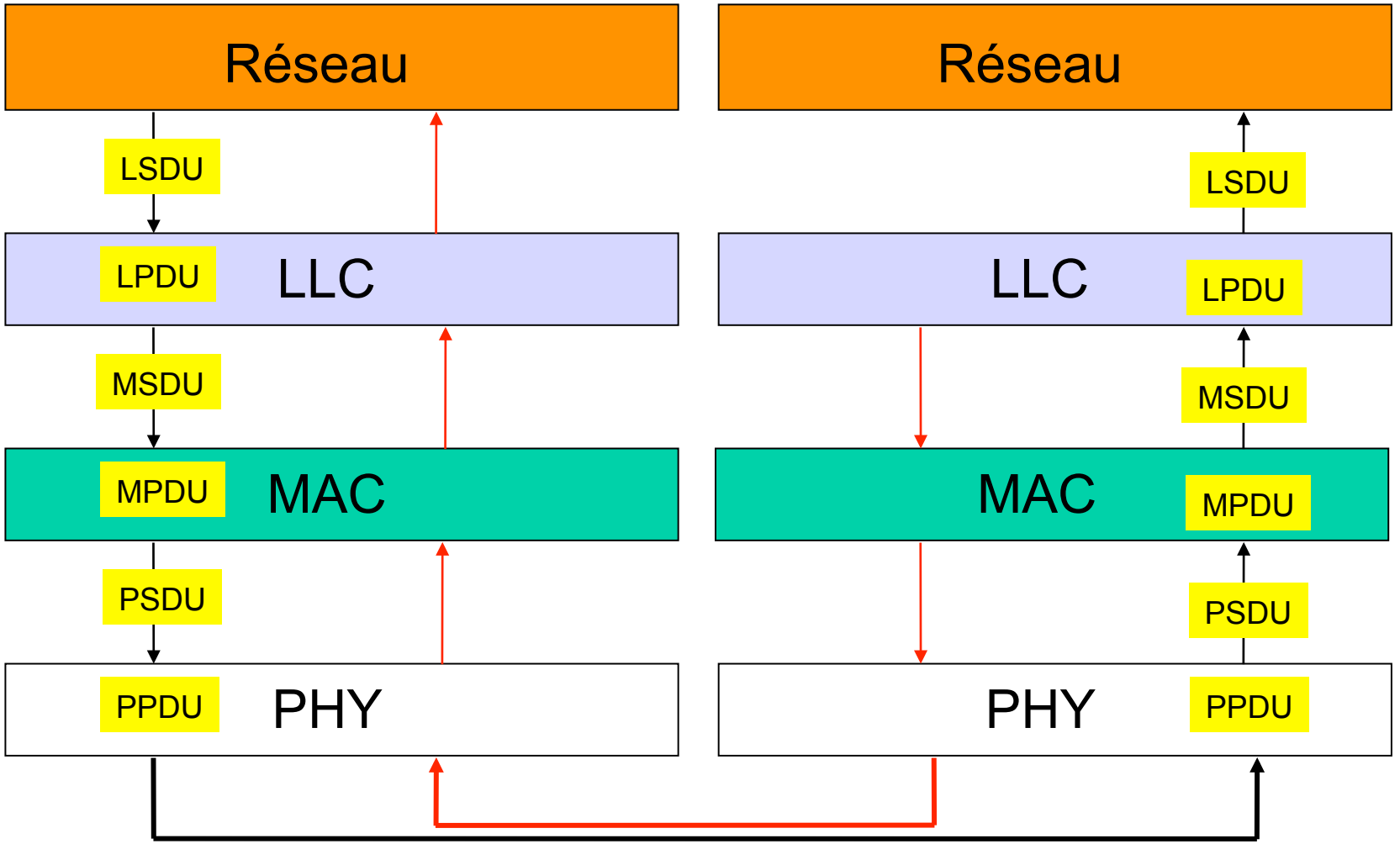
Concaténation et séparation (N) : projeter plusieurs PDUs(N) sur un SDU(N-1) et inversement. Similaire au groupage (mais la concaténation peut grouper des PDUs de contrôle propres à la couche N ce que ne peut pas le groupage).



PDU de contrôle :



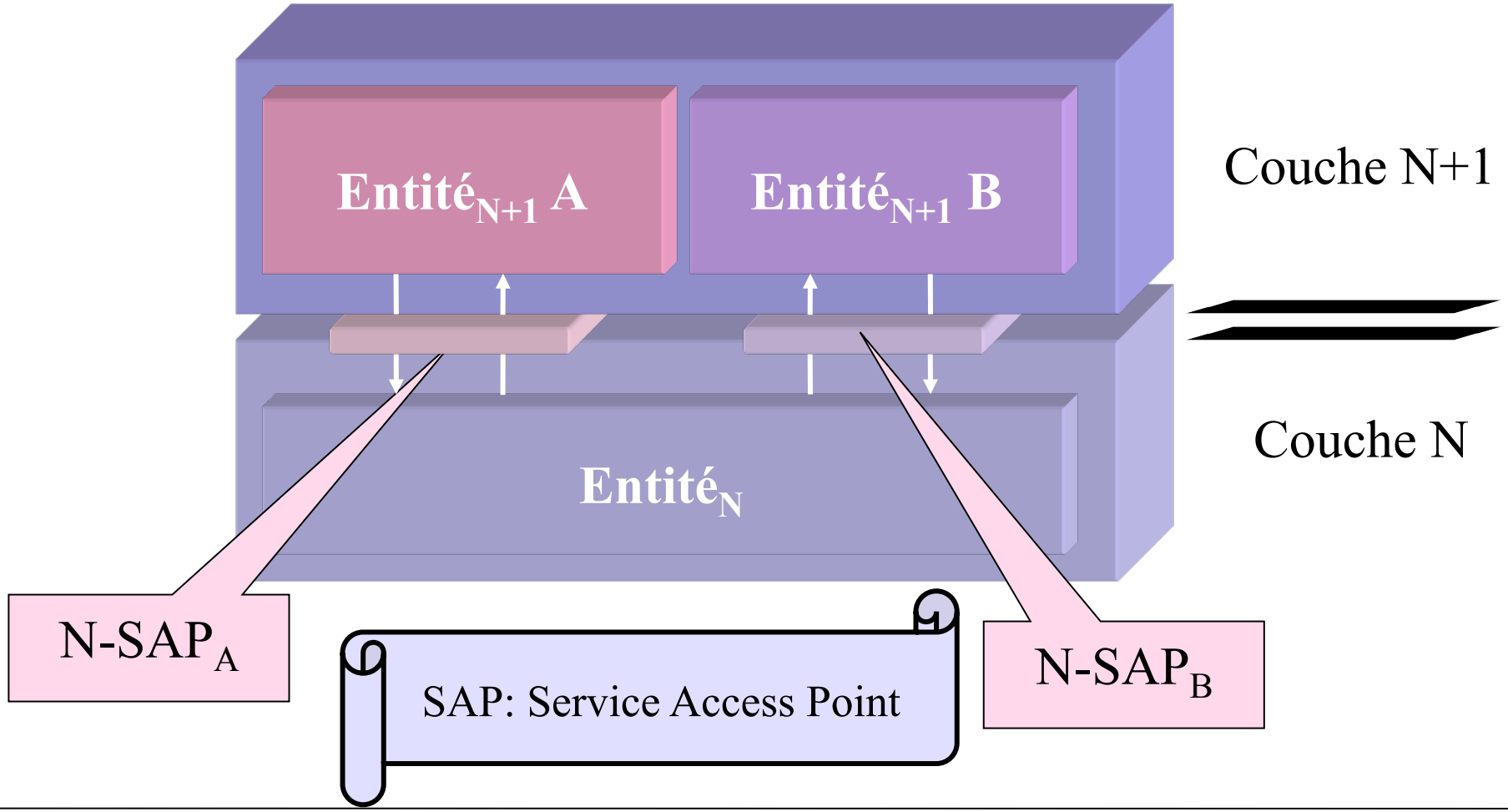
Exemple : transfert de données LLC avec connexion et acquittement / Ethernet



II. Principes de l'architecture en couches

D. Points d'accès aux services

Service Access Point (N) : point où les services N sont fournis par une entité N à une entité N+1.

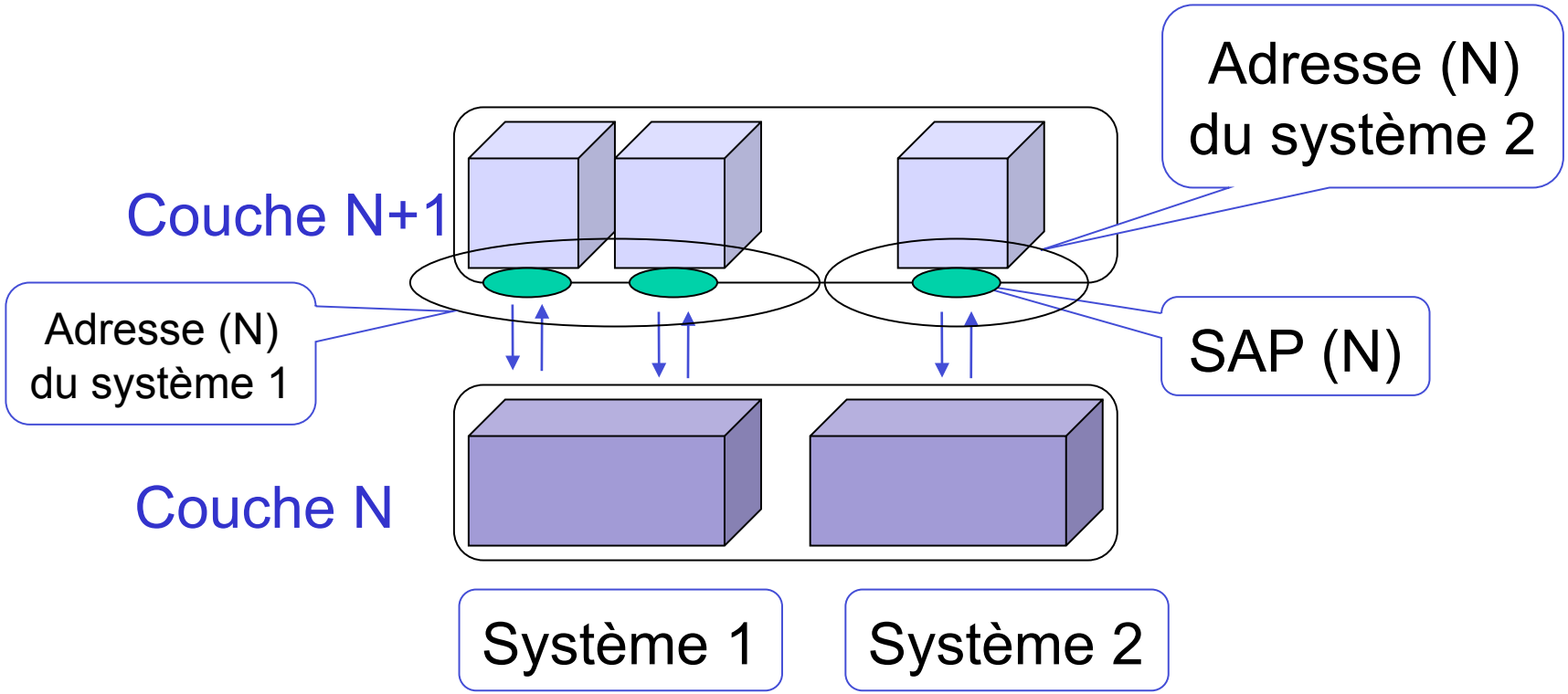


II. Principes de l'architecture en couches

E. Adressage

Adresse (N) : une adresse peut être définie à chaque couche. Elle permet de désigner un sous-système (N) à l'intérieur d'un ensemble de sous-systèmes.

Adresse (N) ; adresse SAP (N) : nom utilisé pour identifier un SAP.



II. Principes de l'architecture en couches

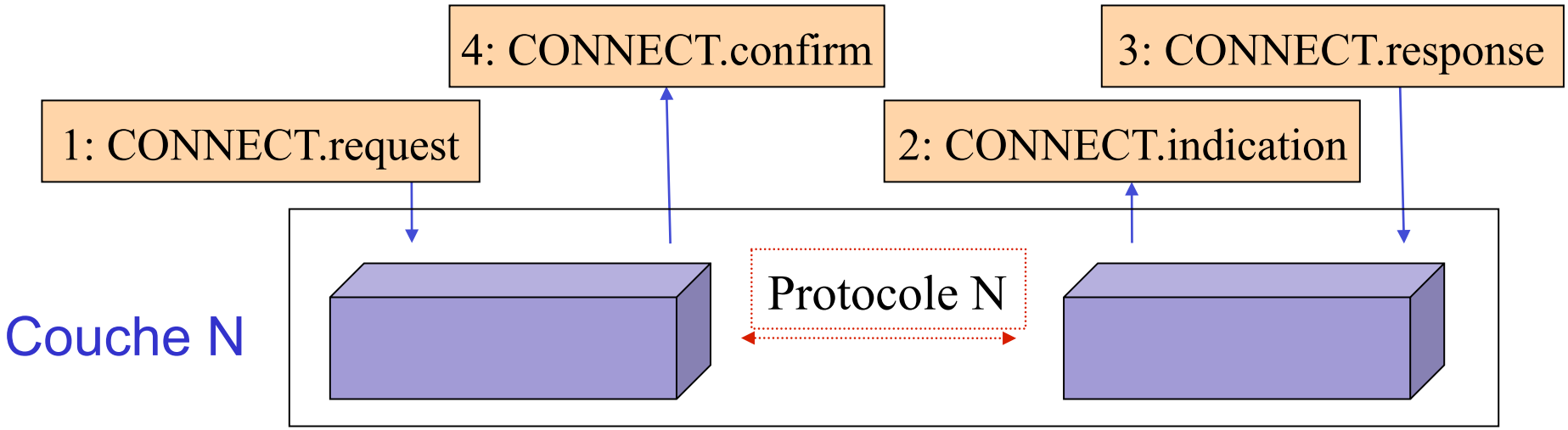
F. Mode connecté / non connecté

Une entité de couche N peut offrir un service en mode connecté ou non-connecté à une entité de couche N+1.

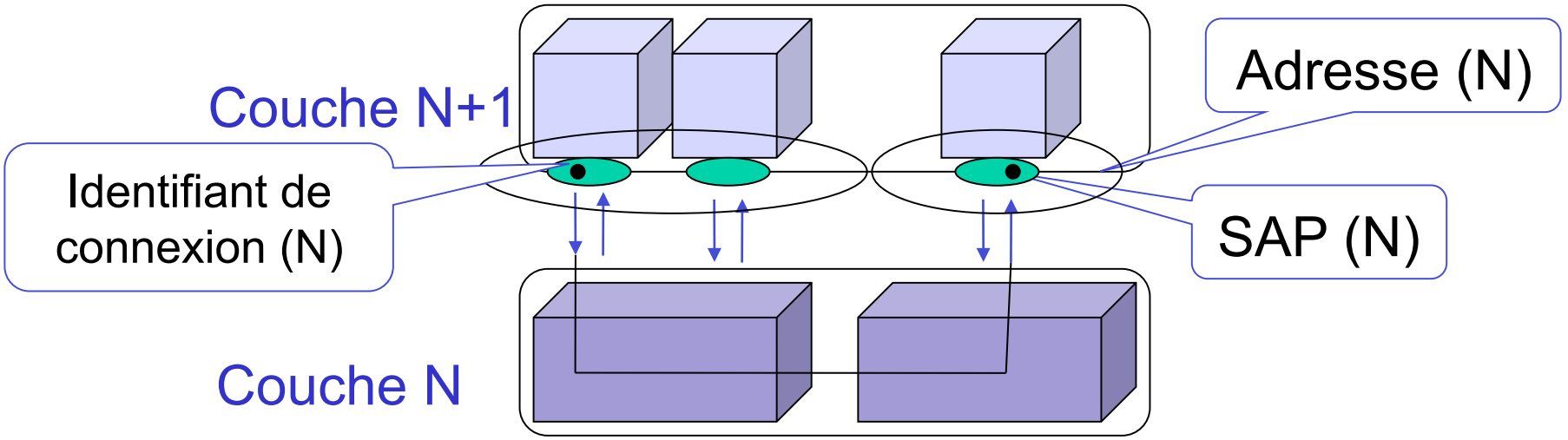
Une connexion permet d'établir un lien logique entre deux entités homologues de couche N. Une connexion comprend trois phases :

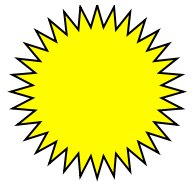
- **Etablissement** de la connexion : les paramètres qui vont régir la transmission de données sont négociés entre les parties, un identificateur de connexion est créé.
- **Transfert** de données : les données transitent entre les entités. Adresses source et destination ne sont pas nécessairement précisées si on utilise une référence à la connexion en cours. Les données sont généralement remises dans l'ordre et il peut y avoir un contrôle de flux.
- **Libération** de la connexion : le contexte logique de la communication est supprimé dans les deux entités distantes.

Primitives mises en oeuvre :



En mode connecté, il n'est pas nécessaire de préciser l'adresse (N) du destinataire, il suffit d'une référence à la connexion.





Mode non-connecté :

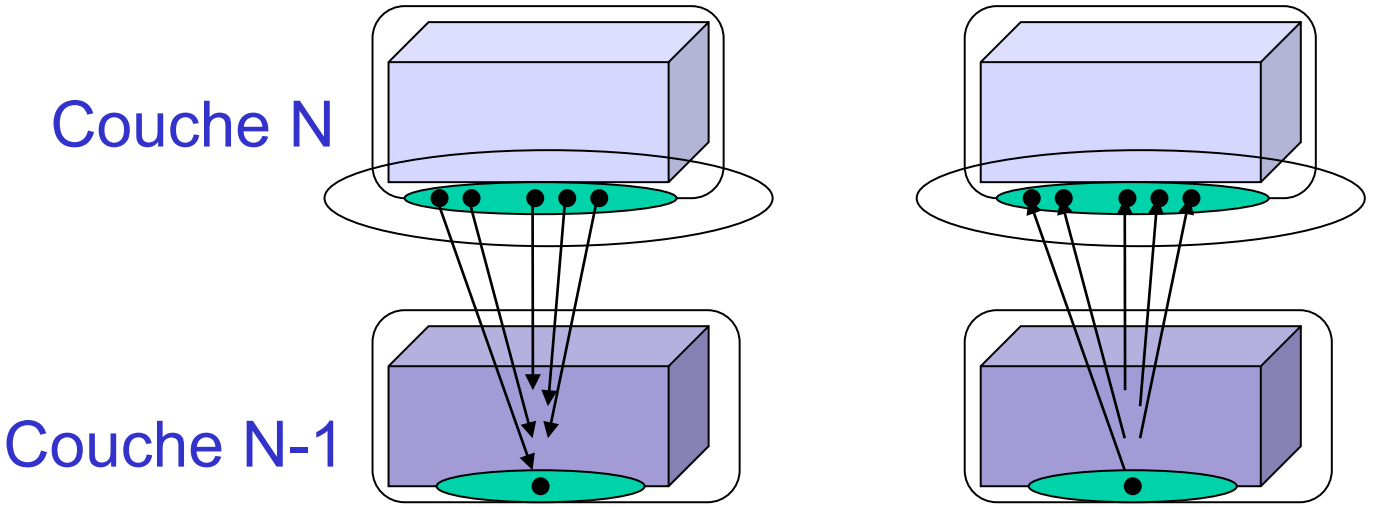
- Les transmissions d'unités de données sont assurées indépendamment les unes des autres,
- La transmission n'a pas de durée de vie bien établie,
- Toutes les informations utiles à l'acheminement (adresses, qualité de service, options, etc) sont présentées à la couche N en même temps que la donnée elle-même par la couche N+1.

II. Principes de l'architecture en couches

F. Mode connecté / non connecté

Dans la couche (N), les connexions sont mises en correspondance avec celles de la couche (N-1). Cette association peut se faire :

- Une à une,
- Une à plusieurs (éclatement de connexion),
- Plusieurs à une (multiplexage de connexions).



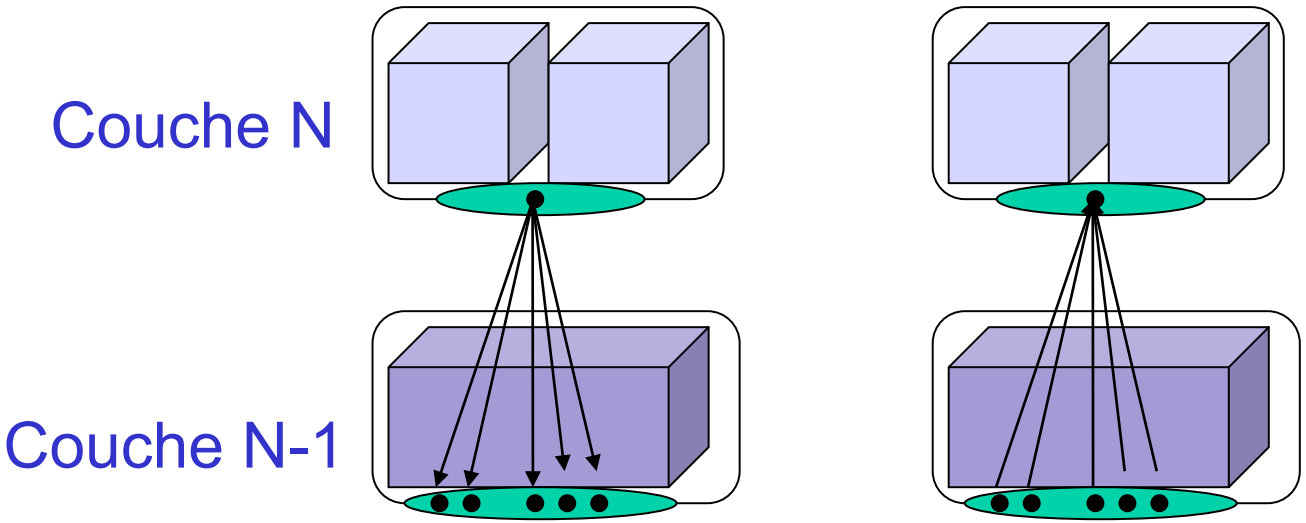
Multiplexage Démultiplexage

II. Principes de l'architecture en couches

F. Mode connecté / non connecté

Eclatement de connexions : fonction de couche N permettant d'utiliser plusieurs connexions (N-1) pour prendre en charge une connexion (N).

Multiplexage de connexions : fonction d'entité (N) permettant à une seule connexion (N-1) de prendre en charge plusieurs connexions (N).



Eclatement Recombinaison

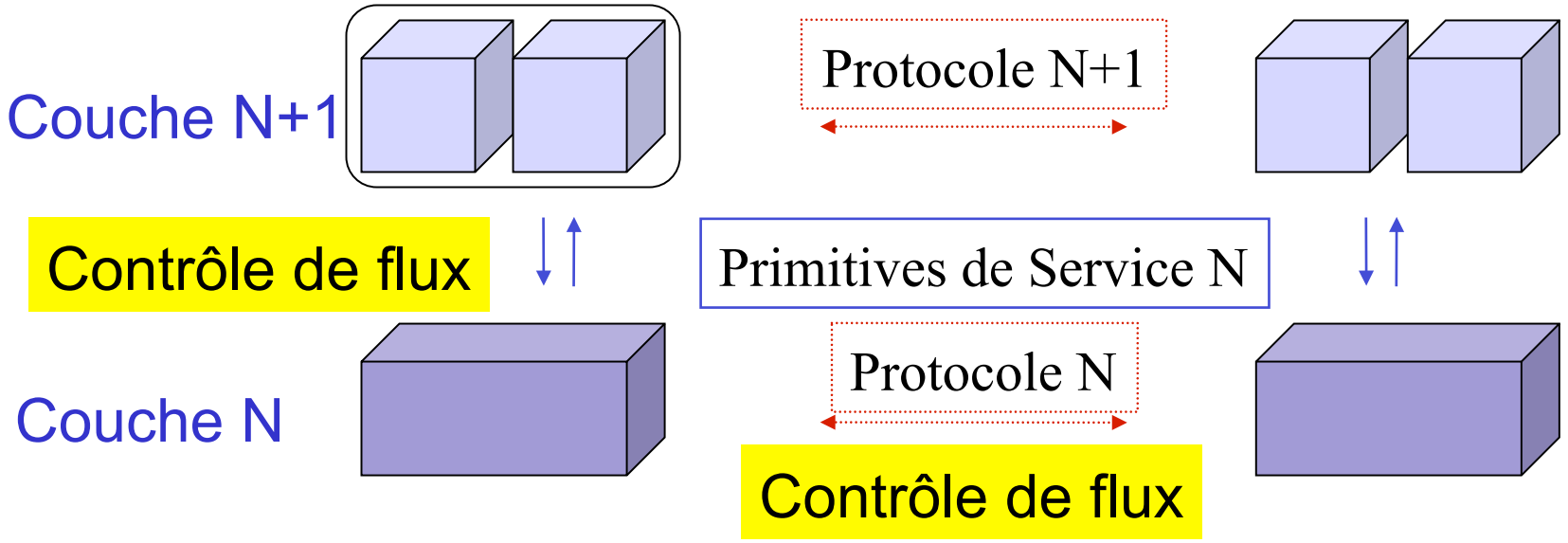
II. Principes de l'architecture en couches

F. Contrôle de flux

Le contrôle de flux permet d'éviter l'inondation d'un récepteur due à un émetteur trop rapide.

Il existe **deux types** de contrôle de flux :

- Entre deux entités distantes d'une même couche N : le contrôle de flux agit sur les PDUs,
- Entre une entité de couche N et une entité de couche N+1 d'un même système : le contrôle de flux agit sur la cadence d'envoi des SDU.



III. Commutation

A. Définition

A partir d'une certaine distance, les équipements terminaux ne peuvent plus être reliés par des liaisons point-à-point. On utilise un **réseau de commutation** : les terminaux sont reliés entre eux par des **commutateurs**.

Les commutateurs sont chargés de concentrer, éclater, rediriger les données.

Un réseau de communications peut être défini par :

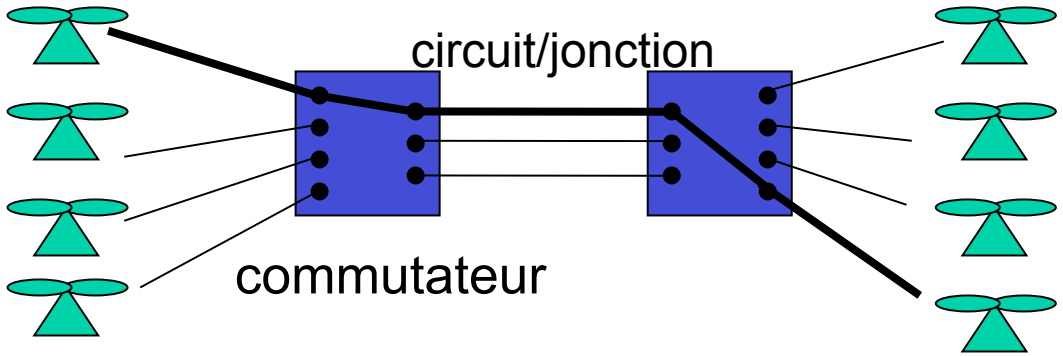
- Des terminaux,
- Des commutateurs (terminaux et commutateurs forment les noeuds du réseau),
- Des circuits (ou liaison, jonctions, lignes, canaux) reliant commutateurs et terminaux entre eux.

Types de commutation :

- De circuit,
- De messages,
- De paquets,
- De cellules.

III. Commutation
B. Commutation de circuit

Le réseau fournit une liaison point-à-point aux terminaux en communication. Les ressources physiques sont réservées le temps de la connexion. Exemple : Réseau Téléphonique Commuté (RTC).



Phases de la communication :

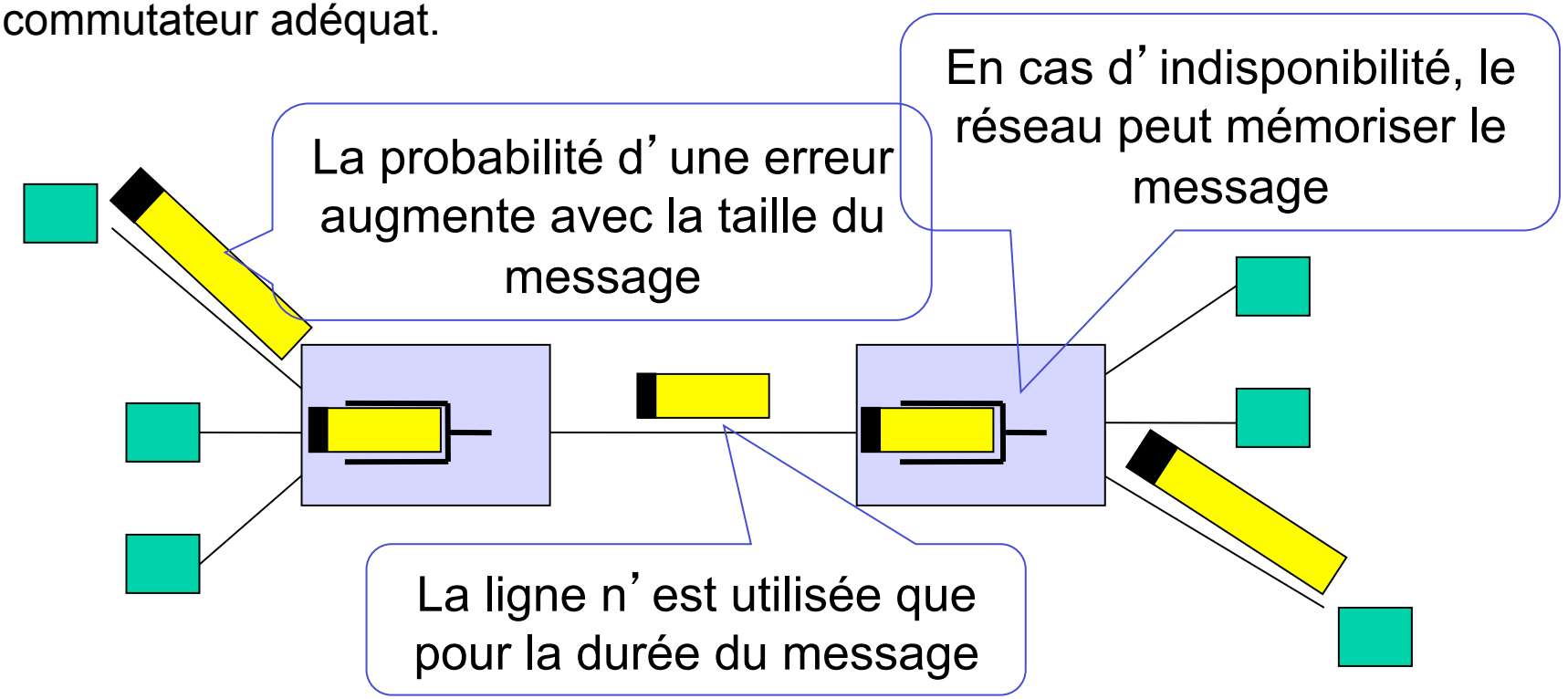
- Etablissement du circuit : toutes les ressources entre les terminaux sont réservées,
- Transfert des informations : les ressources sont dédiées au transfert pendant toute la durée de la communication même s'il n'y a pas de transfert de données,
- Libération : les ressources sont libérées et peuvent être réutilisées par d'autres terminaux.

III. Commutation

C. Commutation de messages

Message : suite d'informations formant un tout logique pour les terminaux, e.g. mel, fichier, etc.

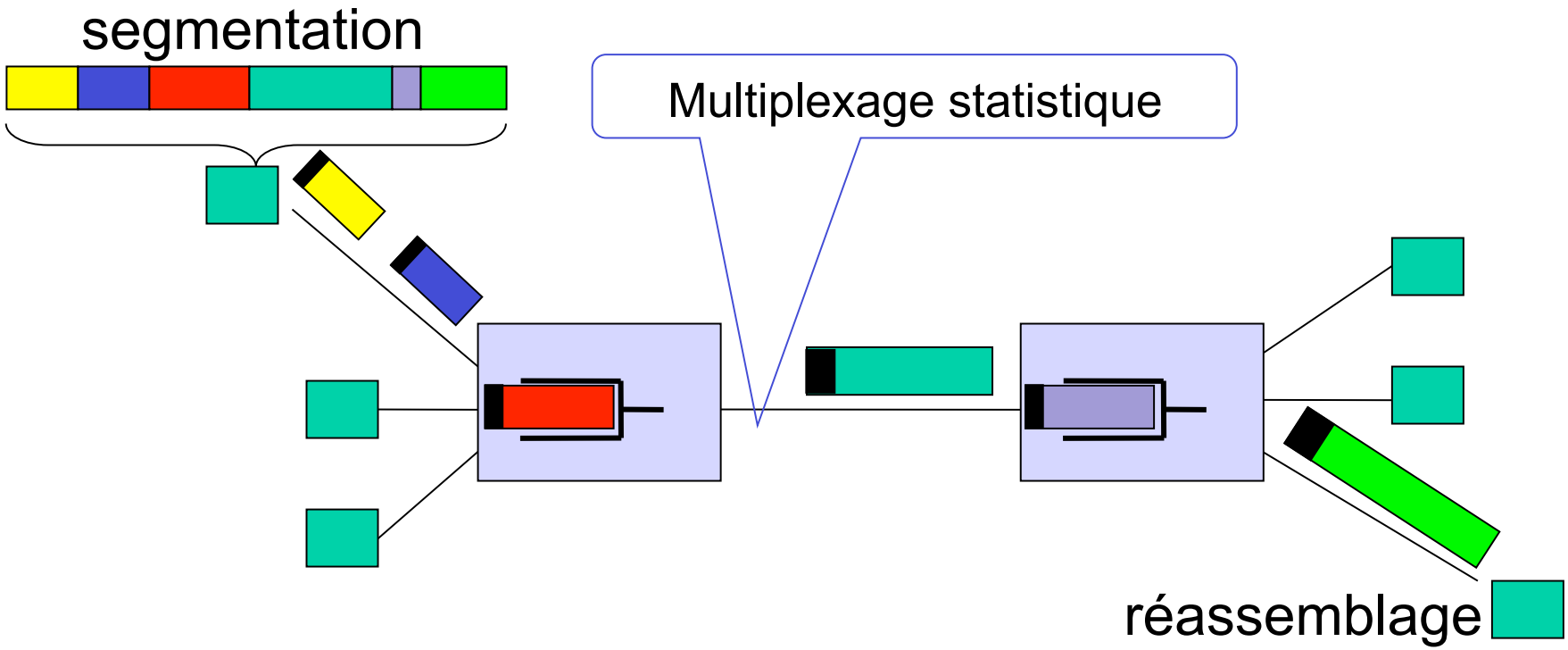
Commutation de messages : l'adresse de destination est attachée au message et celui-ci est envoyé à travers les commutateurs vers la destination. Les commutateurs sont chargés de stocker le message et le réémettre vers le commutateur adéquat.



Les datagrammes sont découpés en éléments plus petits (**paquets**) au cours de la **segmentation**. A la réception, le message est reconstitué (**réassemblage**).

Chaque paquet possède un **en-tête** comprenant par exemple les adresses source et destination.

Exemples : Internet, Transpac.



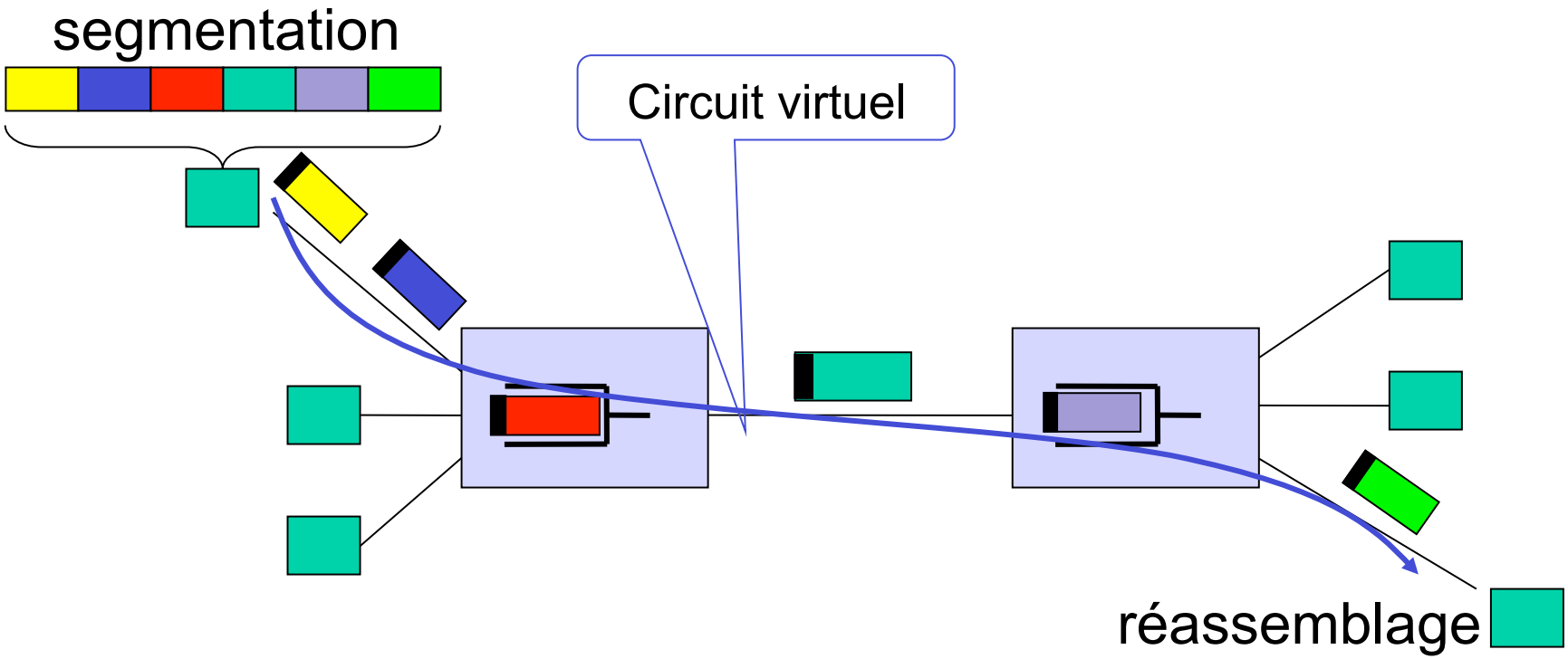
III. Commutation

E. Commutation de cellules

Les informations sont découpées en blocs de petite taille fixe (**cellule**), e.g. 48 octets + 5 octets d'en-tête dans ATM.

La petite taille fixe des cellules permet une commutation très rapide.

Avant la communication, un chemin ou **circuit virtuel** est établi dans le réseau entre les terminaux. Les cellules sont routées selon l'identifiant de ce circuit.



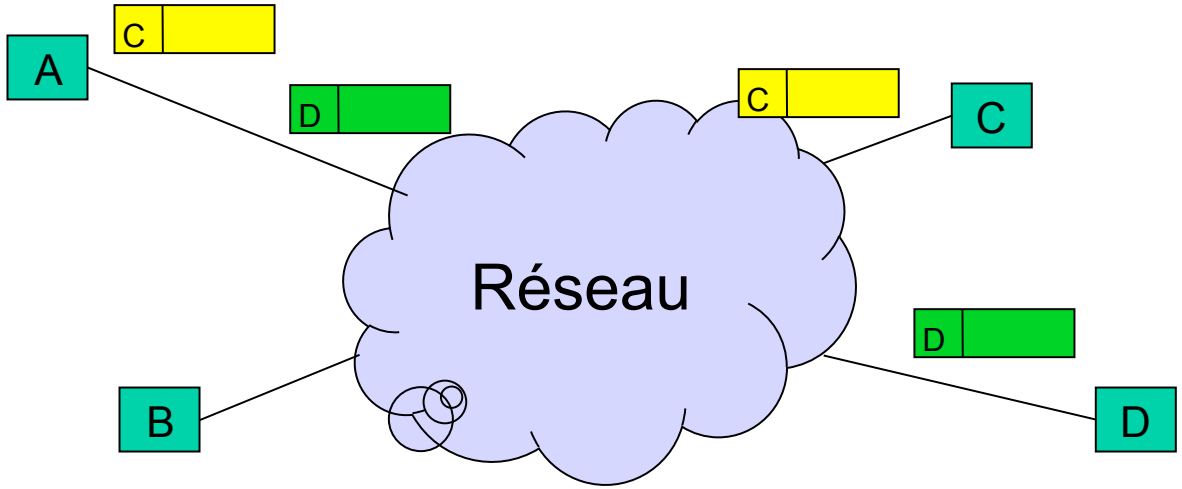
IV. Services d'un réseau de commutation

A. Service sans connexion

Les paquets sont traités de manière indépendante.

Ils doivent comporter l'adresse du destinataire et de l'expéditeur.

Un terminal peut envoyer des données à tout moment sans procédure de connexion.



IV. Services d'un réseau de commutation

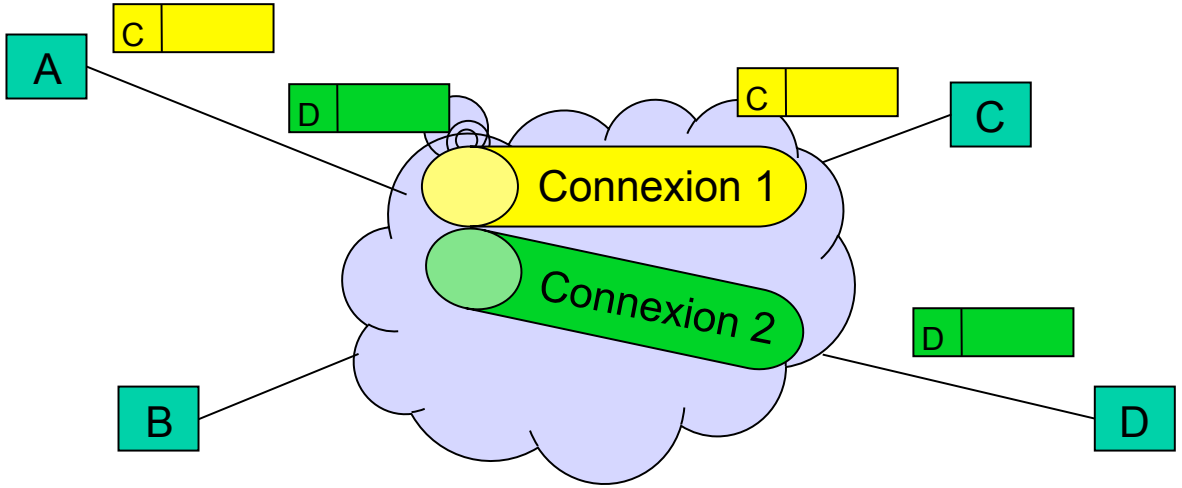
B. Service avec connexion

Le réseau crée un **lien logique** entre les équipements terminaux.

Avant toute communication, la connexion doit être **ouverte** : l'émetteur précise l'adresse de destination et éventuellement les conditions souhaitées de la connexion (paramètres de qualité de service).

Lorsque la communication est terminée, l'un des terminaux engage une procédure de **libération** de la connexion par laquelle le contexte du transfert est supprimé.

Une connexion peut être associée à un **identifiant** ; les données transférées utilisent alors cet identifiant pour être routées dans le réseau.



IV. Services d'un réseau de commutation

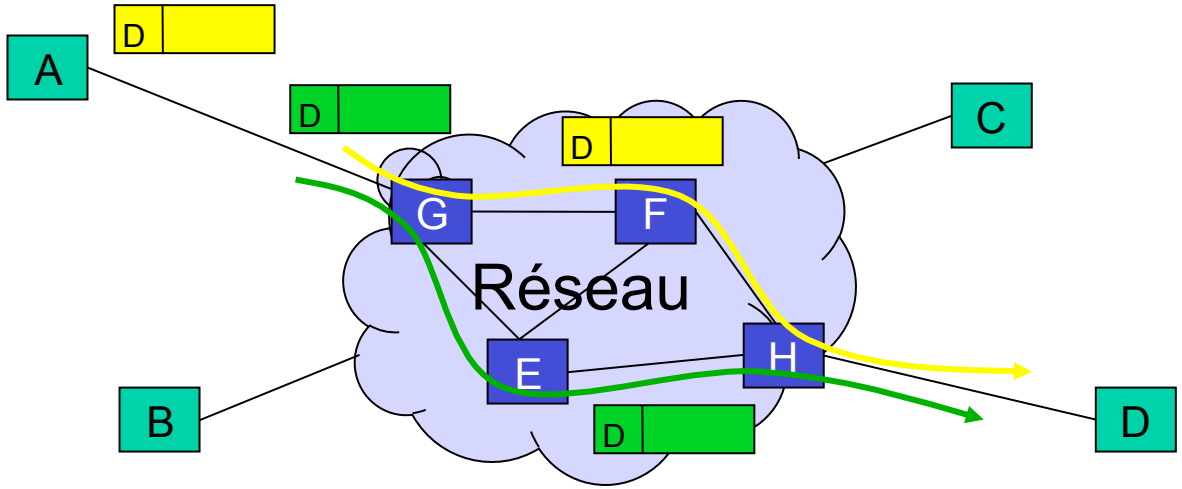
C. Datagramme

Les paquets (ou datagrammes) sont considérés comme indépendants les uns des autres par le réseau.

Chaque paquet transporte les informations nécessaires à son routage vers la destination.

Le routage est effectué pour chaque paquet ; deux paquets pour une même destination peuvent donc suivre des routes différentes.

Des paquets peuvent être perdus (e.g. à cause de congestion) ; les paquets peuvent arriver en désordre.



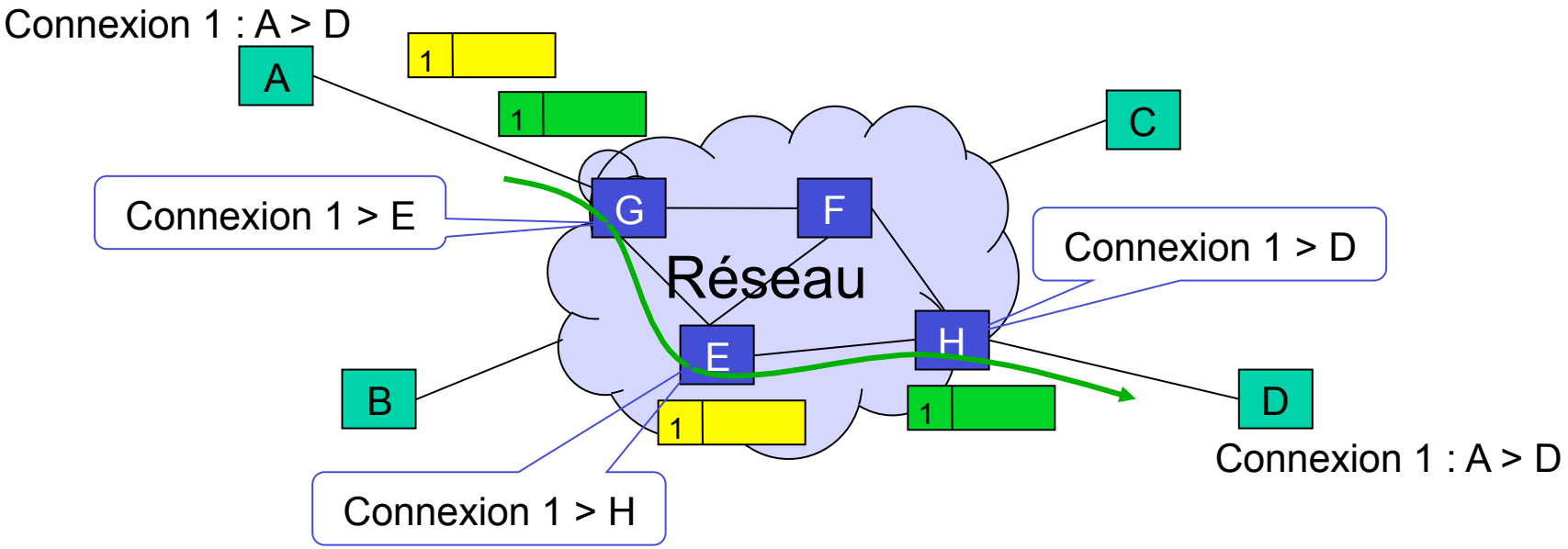
IV. Services d'un réseau de commutation
D. Circuits virtuels

A l'ouverture d'une connexion, un **identifiant** lui est associé ; le réseau détermine un **chemin** vers la destination (comme dans la commutation de circuit).

Chaque commutateur sait vers quel jonction router les paquets de la connexion.

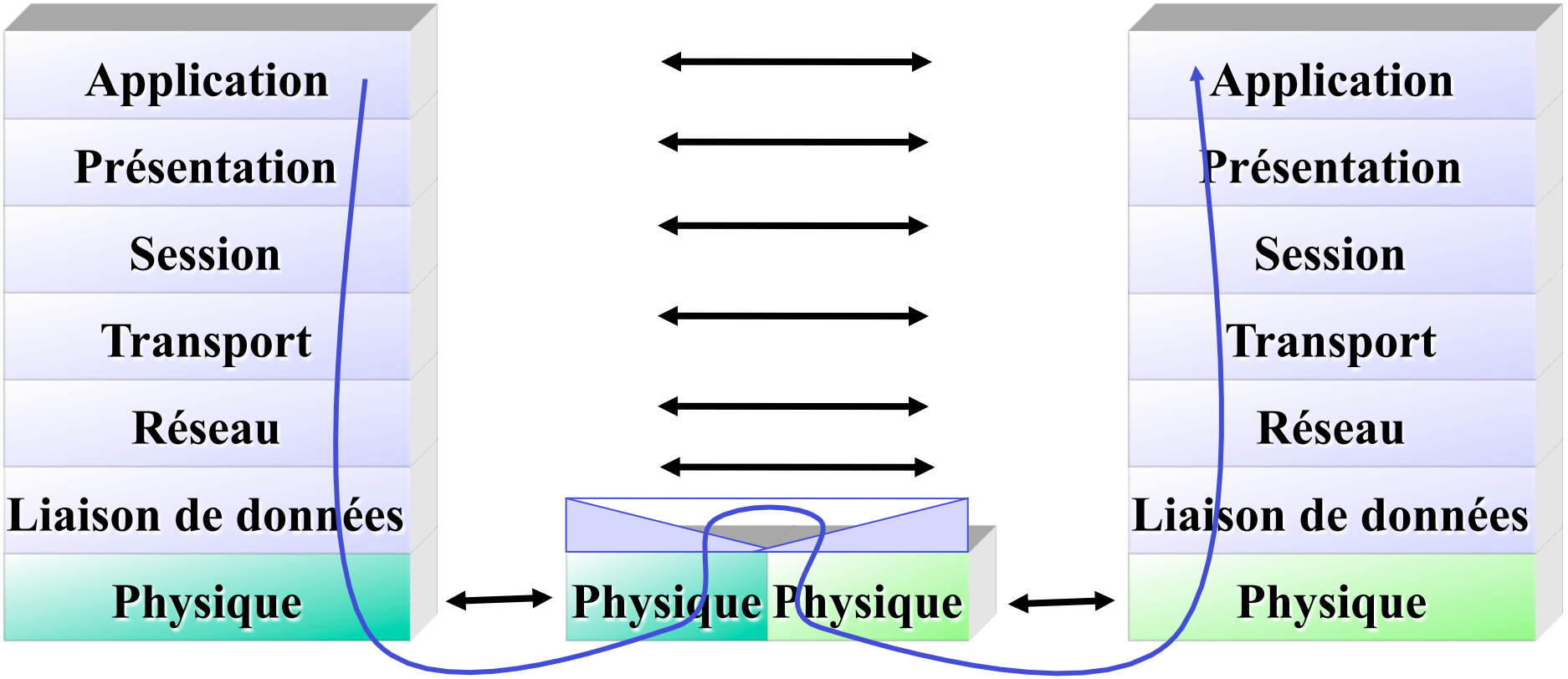
Les paquets d'une connexion n'empruntent **qu'une seule route**.

Le circuit est virtuel car les ressources physiques peuvent être **partagées** avec d'autres connexions (multiplexage statistique).



V. Eléments de réseau

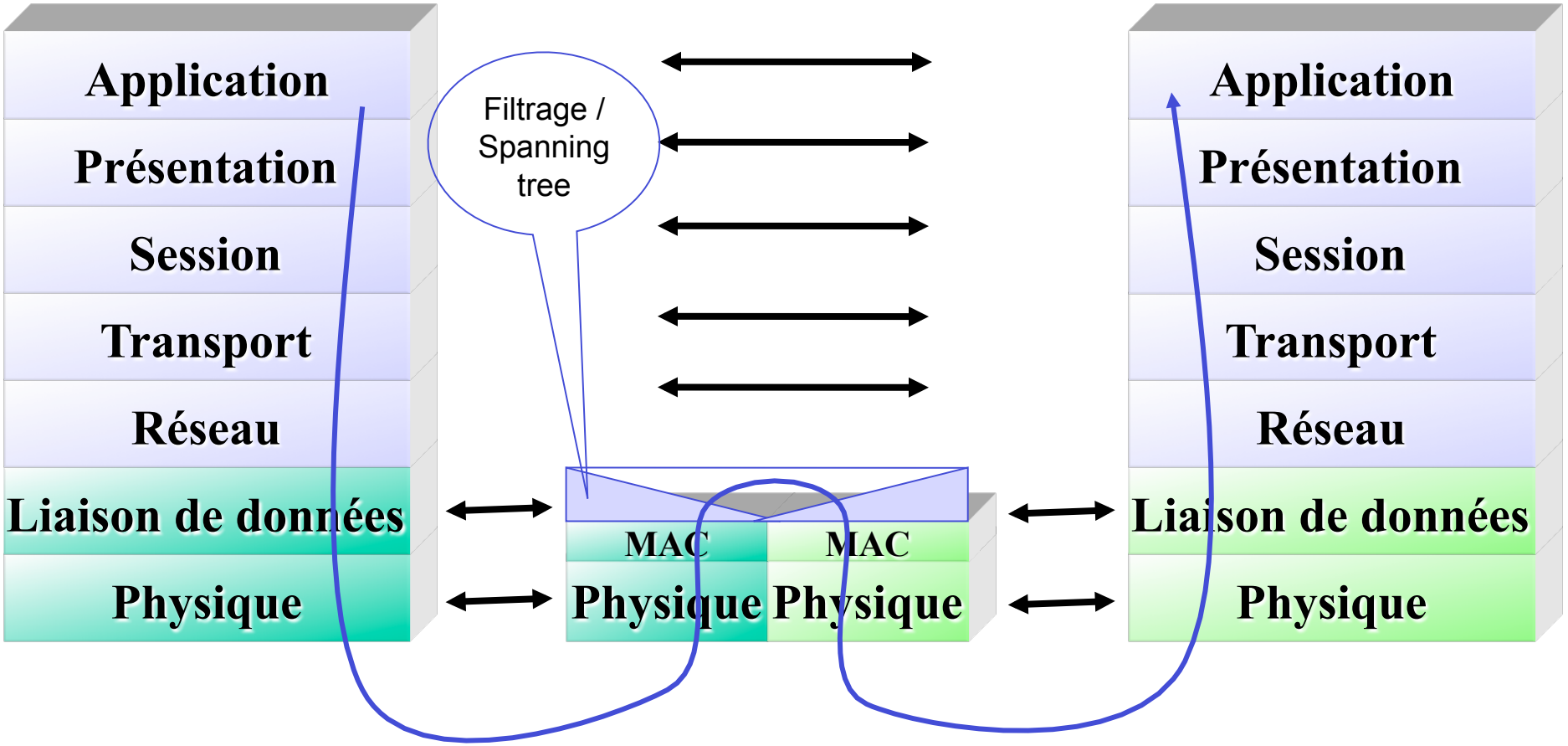
A. Répéteur (*Repeater*)



Fonctions : re-génération du signal (amplification), re-synchronisation, suppression des éventuelles distorsions du signal, propagation des collisions (CSMA-CD).

V. Eléments de réseau

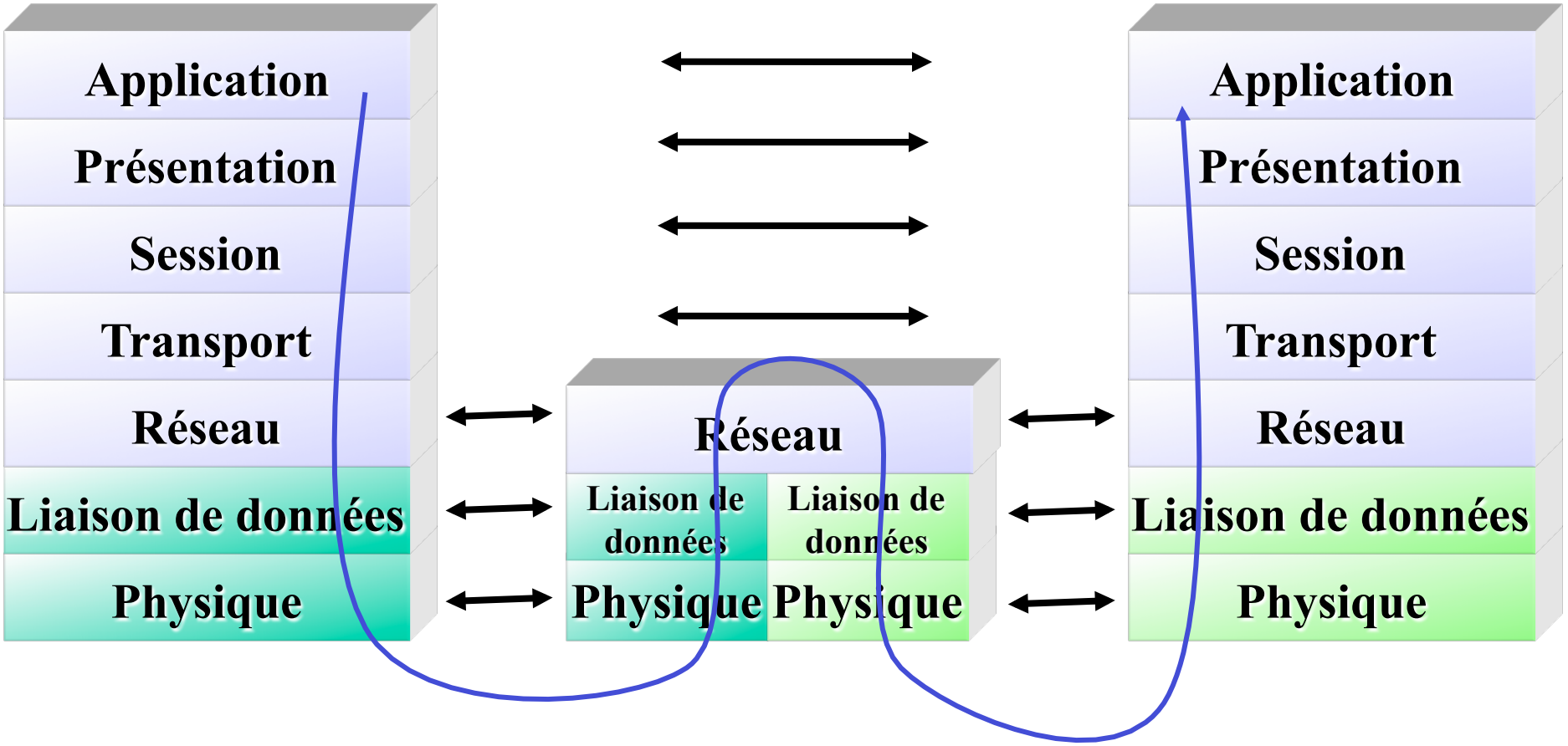
B. Pont (*Bridge*)



Fonctions : fonctions de répéteur + décodage des en-têtes de trames MAC, passage d'un support physique à un autre ou d'une couche MAC à une autre, filtrage des adresses...

V. Eléments de réseau

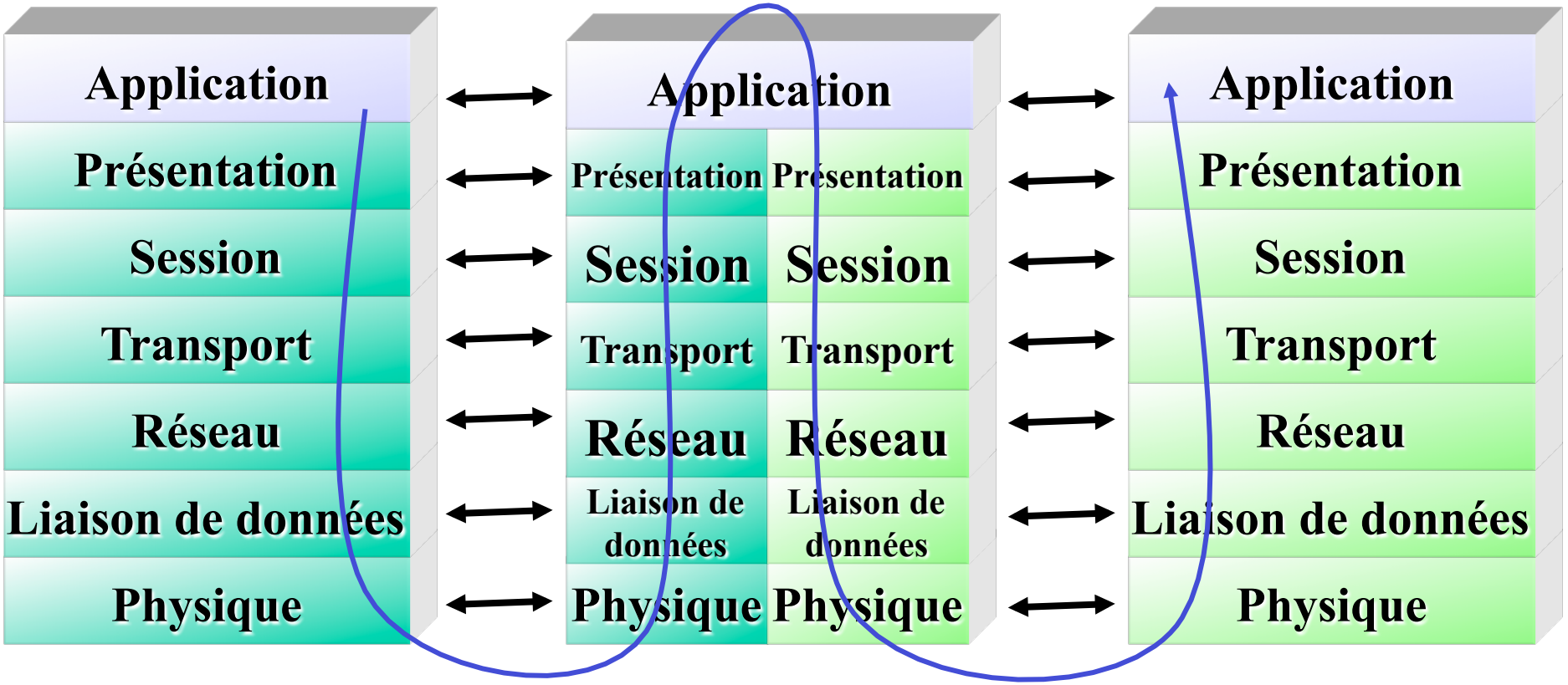
C. Routeur (*Router*)



Fonctions : fonctions de pont + décodage des en-têtes de couche 3, routage, éventuellement passage d'une couche réseau à une autre.

V. Eléments de réseau

D. Passerelle applicative (*Application Gateway*)



Passerelle applicative : est capable de travailler au niveau de toutes les couches, peut décoder le format et le contenu des données et peuvent traduire les messages d'un format à l'autre.

Passerelle de transport : connecte deux réseaux avec des couches de transport différentes.

VI. Conclusion

Le modèle OSI n'est pas tout-à-fait utilisé en pratique mais fournit une référence et un ensemble de **concepts et fonctions** permettant de concevoir et comparer différents systèmes.

Le modèle est suffisamment souple pour pouvoir s'adapter aux évolutions technologiques.

Un autre modèle est le modèle **TCP/IP** qui a eu beaucoup plus de succès en pratique. Il est toutefois possible de faire correspondre les deux modèles.

Glossaire

ASN : Abstract Syntax Notation
ATM : Asynchronous Transfer Mode
CSMA : Carrier Sense Multiple Access
CSMA-CA : CSMA Collision Avoidance
CSDMA-CD : CSMA Collision Detection
dad : adresse destination
dsap : SAP de destination
DSSS : Direct Sequence Spread Spectrum
FTP : File Transfer Protocol
GSM : Groupe Spécial Mobile
HDLC : High Level Data Link Control
HTTP : Hyper Text Transfer Protocol
IP : Internet Protocol
ISO : International Standard Organisation
LAN : Local Area Network
LAP-B : Link Access Procedure - Balanced
LLC : Logical Link Control
MAC : Medium Access Control
OSI : Open Systems Interconnection
PDU : Packet Data Unit
PHY : Physical Layer
RTC : Réseau Téléphonique Commuté
sad : adresse source
ssap : SAP source
SAP : Service Access Point
SDU : Service Data Unit (L : lien, M : Mac, P : Physique)
SMTP : Simple Message Transfer Protocol
TCP : Transmission Control Protocol
TLV : Type Length Value
UDP : User Datagram Protocol
WLAN : Wireless LAN
WWW : World Wide Web

Références

[1] Introduction aux réseaux, Xavier Lagrange et Dominique Seret, éditions Hermès.

[2] Computer Networks, Andrew S. Tanenbaum, éditions Prentice Hall.

[3] Principes de commutation numérique, Claude Rigault, Éditions Hermès.

[4] ITU-T Recommendation X.200 - Reference Model of Open System Interconnection for CCITT Applications.