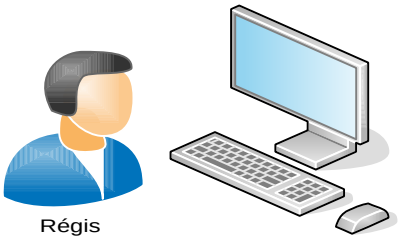
Activités autour du réseau Internet

Le papillon bleu

https://fr.wikipedia.org/wiki/Argus_bleu

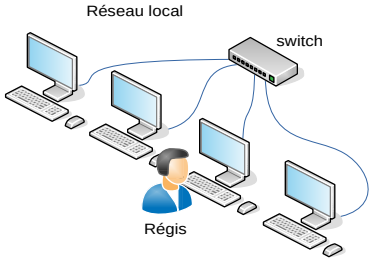


Régis a observé un joli papillon bleu virevoltant dans son jardin. Un de ses amis, entomologiste de renom, lui indique qu'il s'agissait très certainement d'un argus bleu et lui donne l'adresse Web https://fr.wikipedia.org/wiki/Argus_bleu afin qu'il vérifie cette hypothèse. Régis, intrigué et impatient, saisit cette adresse dans son navigateur Web et consulte la page qui s'affiche quasi instantanément. Hourra ! Il s'agit bien de ce beau papillon bleu.

Nous sommes très heureux pour Régis. Mais au fait, **où se trouvent stockées les informations de la page Web consultée par Régis et comment ont-elles pu être recueillies par son navigateur avant leur affichage ?** Nous allons tenter de répondre à ces questions au travers des explications et des activités suivantes.

Réseau informatique, Internet

De manière générale, un **réseau** est un ensemble de composants interconnectés permettant la circulation d'éléments. Par exemple, le réseau ferroviaire français est constitué de différentes gares interconnectés par des voix de chemin de fer permettant la circulation de marchandises ou de passagers à l'aide de trains. Les **réseaux informatiques** sont des réseaux particuliers permettant l'interconnexion de machines afin qu'elles puissent communiquer entre elles et s'échanger des données. Les réseaux informatiques peuvent être catégorisés en fonction de leur taille. Par exemple, un réseau local est un réseau informatique de la taille d'une salle ou d'un bâtiment. Des réseaux informatiques peuvent être interconnectés entre eux afin de former des réseaux de plus grande taille. **Internet** est un réseau informatique interconnectant des réseaux à l'échelle mondiale. Ce réseau date de 1983[1] et permet aux ordinateurs qui y sont connectés de s'échanger des données en utilisant des protocoles de communication particuliers appelés **TCP/IP**.
Un ordinateur relié à un réseau informatique utilise un composant matériel appelé carte réseau afin de transmettre physiquement des données aux autres ordinateurs reliés à ce même réseau. La transmission des données peut se faire à l'aide de câbles spécialisés ou bien à l'aide d'ondes radio (pour un réseau Wi-Fi).



L'ordinateur de Régis est connecté à un réseau local se trouvant dans une salle informatique du lycée. Ce réseau local est composé de différents ordinateurs possédant une carte réseau reliée avec un câble à un équipement réseau particulier appelé commutateur (switch en anglais). Ce commutateur est une sorte de multiprise permettant de relier les différents ordinateurs entre eux. Chaque point d'accès réseau (appelée aussi interface) correspondant à chacune

1 La page https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_d'Internet peut être consultée pour obtenir plus de détails sur l'histoire du réseau Internet.

des cartes réseau est identifié par une série de caractères de la forme 04:3A:DF:99:32:35 appelée **adresse MAC** (Media Access Control). Cette adresse MAC, également appelée **adresse physique**, est immuable (on ne peut pas la changer et la configurer). Ainsi, chaque carte réseau possède sa propre adresse MAC et est **unique**.

Activité 1

Régis a exécuté la commande **ipconfig /all** permettant sous Windows d'afficher les paramètres réseau de sa machine. L'affichage produit est le suivant :

```
Configuration IP de Windows

   Nom de l'hôte . . . . . . . . . . . : machineRegis
   Suffixe DNS principal . . . . . . . :
   Type de noeud. . . . . . . . . . . . : Hybride
   Routage IP activé . . . . . . . . . : Non
   Proxy WINS activé . . . . . . . . . : Non

Carte Ethernet Ethernet :

   Suffixe DNS propre à la connexion. . . : home
   Description. . . . . . . . . . . . . . : Intel(R) 82579LM Network Connection
   Adresse physique . . . . . . . . . . . : 2C-44-FD-25-A6-25
   DHCP activé. . . . . . . . . . . . . . : Oui
   Configuration automatique activée. . . : Oui
   Adresse IP . . . . . . . . . . . . . . : 192.168.10.1
   Masque de sous-réseau  . . . . . . . . : 255.255.255.0
   Passerelle par défaut  . . . . . . . . : 192.168.10.2
   Serveur DHCP . . . . . . . . . . . . . : 192.168.10.4
   Serveur DNS  . . . . . . . . . . . . . : 90.1.100.8
```

Quelle est l'adresse MAC de la carte réseau de la machine de Régis ?

Activité 2

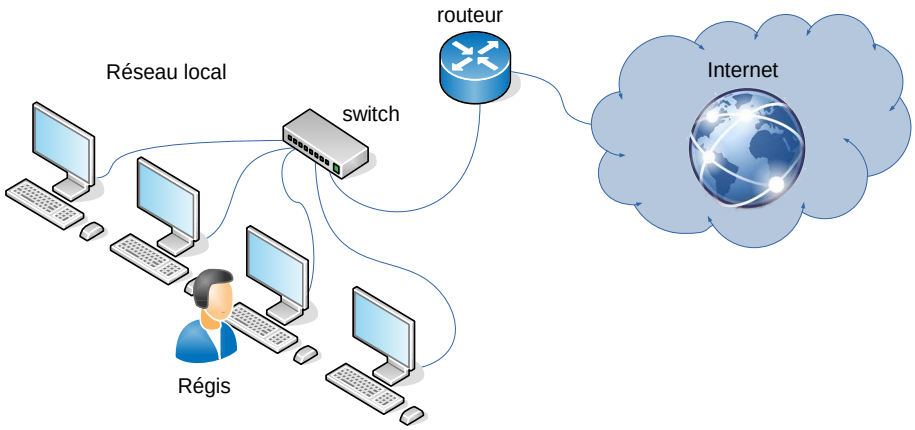
1. Examinez votre ordinateur et vérifiez bien qu'il possède bien une carte réseau à laquelle est branché un câble.
2. Réalisez la manipulation suivante (sous Windows) afin de connaître l'adresse MAC de votre carte réseau.
   a. Ouvrez l'invite de commande (cmd).
   b. Tapez la commande **ipconfig /all**
   c. Repérez l'adresse MAC de votre carte réseau et notez la sur une feuille.
3. Notez votre adresse MAC sur la feuille circulant dans la classe.
4. Répondez présent lorsque votre adresse est appelée. Vous pouvez vérifier que chaque adresse MAC est unique et qu'elle permet d'identifier de manière unique chaque élève de la classe (et ainsi chaque point d'accès réseau du réseau local de la salle machine).

Trame

Deux machines ne peuvent communiquer *directement* que lorsqu'elles sont connectées physiquement sur un même réseau local. Les unités envoyées et réceptionnées sont des séquences de bits appelées **trames**. Le format d'une trame dépend du protocole/standard utilisé. On parlera par exemple de trames Ethernet pour un réseau local mettant en œuvre le protocole/standard Ethernet. De manière générale, chaque trame contient une partie en-tête et une partie données. La partie en-tête est constituée de différentes informations parmi lesquelles l'adresse MAC du destinataire (utile pour transmettre la trame à la machine destinataire) et l'adresse MAC de l'expéditeur. La partie données contient les informations *brutes* échangées par les machines.

Passerelle/Routeur

Les réseaux[2] constituant Internet sont interconnectés à l'aide d'équipements particuliers appelés **routeurs** ou bien encore **passerelles**. Un routeur possède au moins deux cartes réseau et est relié à plusieurs réseaux (les réseaux qu'il interconnecte). Même s'il existe des machines spécialisées, un simple ordinateur équipé de plusieurs cartes réseau peut faire office de routeur. L'activité principale d'un routeur s'appelle le **routage** et consiste à transmettre les données reçues sur un des réseaux auquel il est relié à un autre réseau auquel il est également relié. Les routeurs sont des équipements essentiels d'un réseau de réseaux tel qu'Internet du fait que c'est grâce à eux que les données sont transmises de réseau en réseau jusqu'à leur destination finale. Nous détaillerons l'activité de routage plus tard. Chaque ordinateur d'un réseau connecté à Internet est associée à une **passerelle/routeur par défaut**. Les données qui devront être transmises à un ordinateur extérieur au réseau seront transmises à cette passerelle qui se chargera de les transmettre au destinataire. Chez vous, la box Internet que vous utilisez tient le rôle de routeur et est la passerelle par défaut de vos différents appareils connectés.



Le réseau local sur lequel se trouve l'ordinateur de Régis est connecté à Internet à l'aide d'un routeur. Les ordinateurs du réseau local (en particulier celui de Régis) sont configurés de telle manière à que ce routeur soit leur passerelle par défaut. Notons que ce routeur appartient au réseau local (il est relié à ce réseau avec un câble et une carte réseau) mais il est également relié à un autre réseau, Internet. Le cylindre avec les flèches représentant le routeur sur le schéma est un des symboles habituellement utilisé pour représenter un routeur.

Web

Le **Web** ou **Word Wide Web** (**WWW**) est un système de documents hypermédias inventé en 1989[3] (après le réseau Internet). Ces documents constituent des pages Web regroupées sur des sites Web. Ces pages sont consultables à l'aide d'un **navigateur** (appelée parfois **client Web** ou **client HTTP**) se trouvant sur un ordinateur connecté au réseau Internet. Un site est hébergé sur une machine appelée **serveur Web** ou encore **serveur HTTP**. Une page est identifiée par une chaîne de caractères particulière appelée **URL** (Uniform Resource Locator) ou **adresse Web**. La chaîne de caractères *https://www.roubaix-lapiscine.com/category/collections/* est un exemple d'URL. Les adresses Web ont été introduites afin de localiser l'emplacement d'une page Web sur Internet et d'indiquer le protocole de communication à utiliser par le client Web pour qu'il puisse obtenir la page auprès du serveur Web. Elles ont toutes la même forme : le protocole à utiliser (http ou https) suivi par la chaîne de caractères :// complétée par le nom du site et une référence de la page sur le site. Considérons de nouveau l'exemple d'URL précédent qui correspond à la page du site du musée La Piscine de Roubaix consacré à la présentation de ses collections. Pour cette URL, nous avons **https** qui est le protocole de communication à utiliser, **www.roubaix-lapiscine.com** qui est le nom du site et

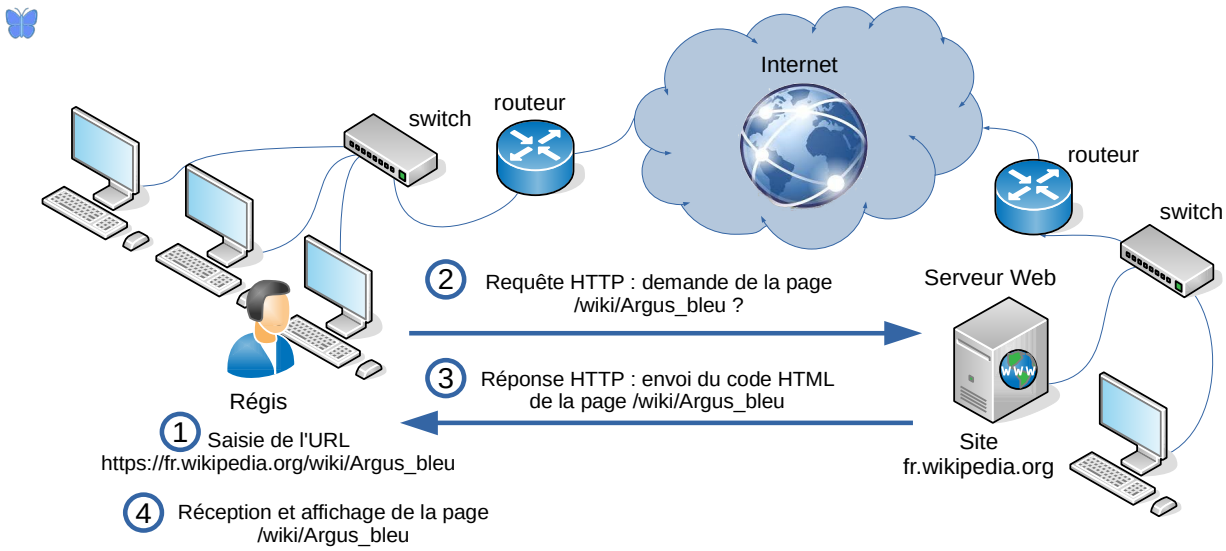
2 À partir de maintenant, le terme réseau fait implicitement référence à réseau informatique.
3 Un lien pour en savoir plus sur la naissance du Web : https://home.cern/fr/science/computing/birth-web.

/category/collections/ qui est la référence de la page sur le site. Dans un navigateur, l'URL de la page consultée est affichée dans l*a barre d'adresse*, appelée aussi *barre d'URL*. Notons que l'URL affichée n'est pas toujours complète, le navigateur n'affiche pas toujours le protocole par exemple ou une partie du nom du site lorsque celui-ci commence par www. À titre d'illustration, l'affichage de l'URL précédente est roubaix-lapiscine.com/le-musee/la-piscine/ avec le navigateur Chrome et roubaix-lapiscine.com avec le navigateur Safari.

Les différentes étapes se produisant lors de la consultation d'une page Web sont les suivantes :

1. L'utilisateur saisit l'URL de la page à visiter ou clique sur un lien correspondant à cette page.
2. Son navigateur/ordinateur contacte le serveur Web hébergeant le site de la page demandée en lui transmettant par Internet une requête HTTP (ou HTTPS) du type : peux-tu m'envoyer cette page Web ?
3. Le serveur Web (dans le cas où il répond positivement) envoie à l'ordinateur/au navigateur de l'utilisateur, toujours par Internet, le code de la page demandée. Ce code contient la structure et le contenu de la page et est écrit dans un langage particulier appelé HTML (HyperText Markup Language). Le langage HTML a été inventé pour le Web, et tout particulièrement pour décrire des pages Web.
4. Le navigateur de l'utilisateur interprète le code reçu et affiche à l'écran la page demandée.

L'architecture **client/serveur** est une architecture courante dans le monde des réseaux. Un serveur est une application/une machine qui délivre un service en répondant à des requêtes envoyées par d'autres applications/machines jouant le rôle de clients. Par exemple, un serveur Web est un serveur à l'écoute de requêtes HTTP et qui répond à ces requêtes en transmettant les pages Web réclamées via Internet. Un navigateur Web effectue des requêtes HTTP auprès de serveurs Web, il est donc un client de ces serveurs. Il existe sur Internet d'autres types de serveur comme les serveurs de messagerie électronique.



Après la saisie par Régis de l'URL https://fr.wikipedia.org/wiki/Argus_bleu dans la barre d'adresse de son navigateur (1), ce dernier contacte le serveur Web hébergeant le site fr.wikipedia.org (2). Ce serveur Web est relié à Internet comme la machine de Régis. En réponse de sa requête, le serveur Web lui envoie le code HTML de la page demandée (3). Le navigateur, après avoir interprété le code reçu, affiche la page sur le joli papillon bleu (4).

Activité 3

Saisissez les différentes URL qui suivent dans votre navigateur et pour chacune d'elles vous noterez l'URL simplifiée affichée par votre navigateur.

1. https://www.google.fr
2. https://inpn.mnhn.fr/accueil/index
3. https://fr.wikipedia.org/wiki/Argus_bleu
4. http://www.onisep.fr/

Adresses IP

Des machines connectées sur le réseau Internet utilise le **protocole IP** (**Internet Protocol** en anglais, **IP** en abrégé) pour communiquer. Elles doivent posséder une **adresse IP** associée à chacun de leurs points d'accès réseau. Dans le cadre du protocole IP version 4 (IPv4), une adresse IP est constituée de quatre entiers compris entre 0 et 255 et est représentée par les quatre entiers la constituant séparés par un point. Par exemple, **192.168.25.3** et **10.20.30.5** sont deux adresses IP possibles. Ces adresses sont dites logiques et doivent être configurées de manière logicielle, soit manuellement, soit automatiquement à travers des services réseau tels que DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). A contrario, rappelons qu'une adresse MAC associée à l'interface d'une carte réseau, est dite physique, et est généralement immuable. Les adresses physiques ne sont utiles que pour la communication de deux machines sur un même réseau local mais ne peuvent pas être utilisées dans le cadre d'une communication entre deux machines connectées à Internet sur deux réseaux locaux distants. En effet, les adresses physiques ne permettent pas notamment de déterminer une route/un chemin à travers le réseau *I*nternet pour acheminer les données entre les différentes machines, contrairement aux adresses IP comme nous le verrons par la suite.
Une adresse IP contient deux parties : l'identifiant réseau et l'identifiant de la machine. L'identifiant réseau est un préfixe de l'adresse IP permettant d'identifier le réseau local (sous-réseau) auquel le point d'accès réseau associé à l'adresse IP appartient. L'identifiant de la machine est la partie restante de l'adresse IP et permet d'identifier le point d'accès réseau de la machine sur le réseau local (sous-réseau). Le découpage est donné grâce à ce qu'on appelle le masque de sous-réseau et qui se note comme une adresse IP. Par exemple, le masque 255.255.255.0 permet de spécifier que l'identifiant réseau est composé des trois premiers nombres des quatre nombres composant l'adresse IP tandis que le dernier nombre identifiera la machine sur le sous-réseau. Par exemple, en utilisant ce masque nous avons pour les adresses IP **192.168.25.3** et **10.20.30.5** le découpage suivant **:**

Adresse IP	Partie sous-réseau	Partie machine
192.168.25.3	**192.168.25**.3	192.168.25.**3**
10.20.30.5	**10.20.30**.5	10.20.30.**5**

Activité 4

En examinant l'affichage de la commande **ipconfig /all** réalisée par Régis sur sa machine (voir Activité 1). Quels sont l'adresse IP associée à son interface réseau, le masque de sous-réseau et l'adresse IP de la passerelle par défaut configurés sur sa machine ?

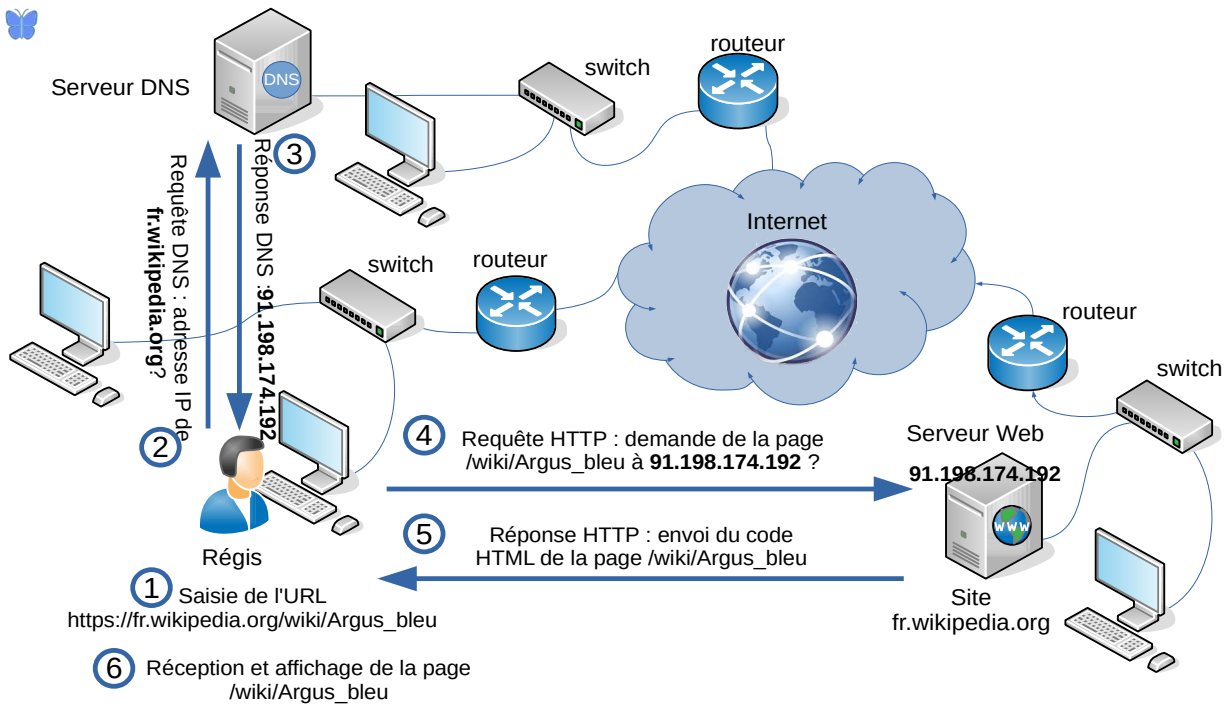
Activité 5

Exécutez la commande **ipconfig /all** sur votre machine**.** Quels sont l'adresse IP associée à votre interface réseau, le masque de sous-réseau et l'adresse IP de la passerelle par défaut configurés sur votre machine ?

Le système de noms de domaine (DNS)

Nous avons précédemment vu qu'une adresse IP permet d'identifier une machine (plus exactement une interface réseau d'une machine) sur un réseau utilisant le protocole de communication IP comme le réseau Internet. Ainsi, lorsque nous souhaitons envoyer des données à une machine distante sur Internet, nous devons au préalable avoir connaissance de l'adresse IP de cette dernière. Cependant, une adresse IP est difficile à mémoriser pour un humain. Afin de pallier cela, un système de nommage appelé **DNS** (Domain Name System) a été introduit en 1985 afin de permettre le nommage des machines par des chaînes de caractères plus facilement mémorisables appelées **noms de domaine**. Les noms de site utilisés dans les adresses Web sont des noms de domaine et correspondent aux noms des serveurs Web qui les hébergent. Ainsi, le nom de site *www.google.fr* est un nom de domaine nommant et identifiant le serveur Web hébergeant le site *www.google.fr*. La tâche consistant à retrouver l'adresse IP d'une machine associée à un nom de domaine est appelée résolution de noms de domaine et est assurée par un ensemble de serveurs répartis sur le réseau Internet. Ces serveurs, nommés serveurs DNS, répondent à des requêtes du type *Quelle est l'adresse IP de la machine nommée www.google.fr ?* Une machine connectée a Internet a toujours parmi ses paramètres réseau configurés,

l'adresse IP du serveur DNS qui sera contacté afin de résoudre des noms de domaine lorsque cela sera nécessaire. Un navigateur Web utilisera notamment les services de ce serveur DNS pour obtenir l'adresse IP du serveur Web correspondant au nom d'un site présent dans une URL.



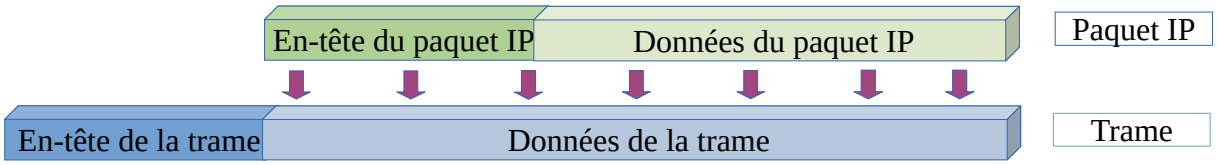
Connaissant maintenant l'existence du système DNS, nous pouvons raffiner le scénario de la consultation par Régis de la page Web https://fr.wikipedia.org/wiki/Argus_bleu. Après la saisie par Régis de l'URL https://fr.wikipedia.org/wiki/Argus_bleu dans la barre d'adresse de son navigateur (1), ce dernier a contacté le serveur DNS associé à la machine de Régis afin d'obtenir l'adresse IP du serveur Web associé au nom de domaine fr.wikipedia.org (2). Ce serveur DNS est relié à internet comme la machine de Régis. En réponse à la requête, le serveur DNS envoie au navigateur de Régis l'adresse IP du serveur Web hébergeant le site fr.wikipedia.org (91.198.174.192) (3). Une requête HTTP est alors envoyée à ce serveur Web afin d'obtenir la page Web (4). En réponse, ce dernier envoie le code HTML de la page demandée au navigateur de Régis (5). Le navigateur, après avoir interprété le code reçu, affiche la page (6).

Activité 6

1. Certains sites Web permettent de retrouver l'adresse IP des noms de domaine (comme un serveur DNS). Allez sur le page Web https://mon-adresse-ip.fr/trouver-une-adresse-ip/ et retrouvez les adresses IP correspondant aux nom de domaine suivants :
    a. www.google.fr
    b. inpn.mnhn.fr
    c. fr.wikipedia.org
    d. www.onisep.fr
2. Lorsqu'un serveur Web n'héberge qu'un site, il est possible de remplacer dans une URL le nom du site par l'adresse IP du serveur Web l'hébergeant. Testez les URL suivantes avec votre navigateur en remplaçant le nom du site par l'adresse IP du serveur Web hébergeant le site.
    a. http://www.google.fr
    b. http://www.onisep.fr/Ma-voie-economique

Paquet IP et encapsulation

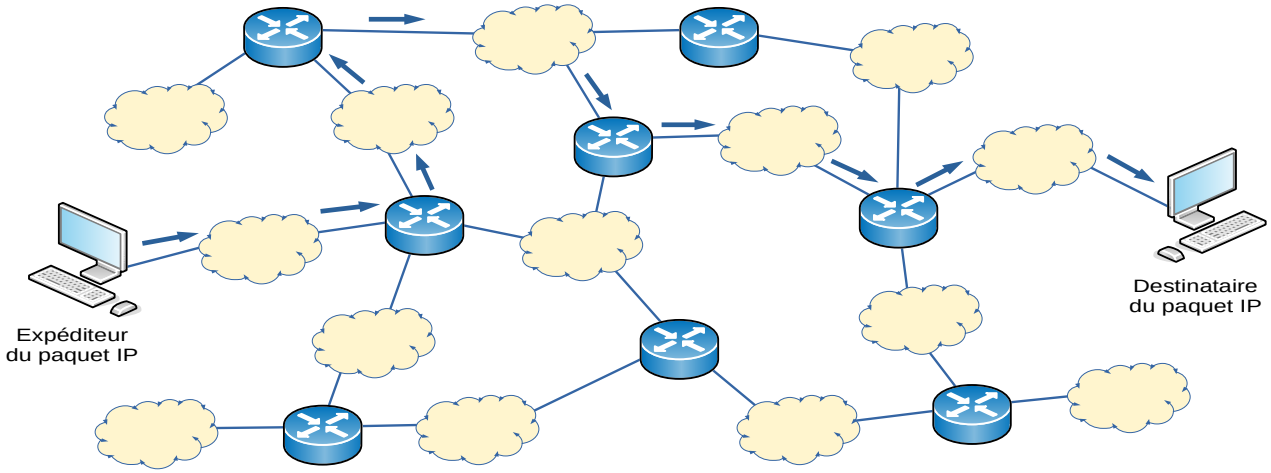
Rappelons que deux machines ne peuvent communiquer *directement* que lorsqu'elles sont connectées physiquement sur un même réseau local en s'échangeant pour cela des trames en utilisant des protocoles de communication dédiés aux réseaux locaux. Pour faire communiquer deux machines distantes appartenant à des sous-réseaux différents il est nécessaire de mettre en œuvre des protocoles de communication de plus haut niveau. Nous avons vu que pour le réseau de réseaux mondial Internet, ce protocole de plus haut niveau est le protocole IP. Les unités d'information échangées dans le cadre de ce protocole s'appellent des paquets IP. Un paquet IP est acheminé sur Internet d'une machine expéditrice à la machine destinataire en étant *transporté* par des trames générées sur les sous-réseaux traversés. Un paquet IP est placé dans la partie données d'une trame le transportant. On parle d'encapsulation. Ainsi, un paquet IP est encapsulé dans une trame lorsqu'il transite sur un réseau local.



Le format d'un paquet IP dépend de la version du protocole IP utilisé. Actuellement, les deux protocoles utilisés sont le protocole IP version 4 (IPv4) et le protocole IP version (IPv6). Un paquet IP est, comme une trame, constitué de deux parties : la partie en-tête et la partie données. **La partie en-tête du paquet contient différentes informations parmi lesquelles l'adresse IP de l'expéditeur et l'adresse IP du destinataire.** Cette dernière est une information essentielle et nécessaire à l'acheminement du paquet IP jusqu'à son destinataire à travers les sous-réseaux constituant le réseau global. La partie données contient les informations *brutes* échangées par les machines distantes.

Routage des paquets IP

De manière générale, sur Internet un paquet IP doit transiter sur plusieurs sous-réseaux afin d'être acheminé jusqu'au destinataire. Plus précisément, le paquet est transmis tout d'abord au routeur par défaut de la machine expéditrice du paquet. Puis, le paquet est transmis de routeur en routeur disposés sur les différents sous-réseaux jusqu'à atteindre un routeur de sous-réseau de la machine destinataire. Et enfin, ce dernier routeur transmet à la machine destinataire le paquet envoyé.



Lorsqu'un routeur reçoit un paquet IP, plusieurs situations peuvent se présenter en fonction de l'adresse IP de l'ordinateur destinataire incluse dans l'en-tête du paquet :

- Le routeur est destinataire du paquet IP (l'adresse IP destination du paquet IP est une des adresses IP du routeur) : le routeur *récupère* le paquet IP et le traite.

- Le routeur n'est pas destinataire du paquet IP (l'adresse IP destination du paquet IP est différente des adresses IP du routeur). Dans cette situation, deux cas de figure se présentent :

  Cas 1. Le destinataire se trouve sur un des sous-réseaux auxquels appartient le routeur. Le routeur envoie alors le paquet IP directement au destinataire sur le sous-réseau correspondant.

Cas 2. Le destinataire ne se trouve pas sur un des sous-réseaux du routeur. Le routeur transmet alors le paquet IP à un routeur voisin (présent sur un même sous-réseau) qui poursuivra l'acheminement du paquet IP.

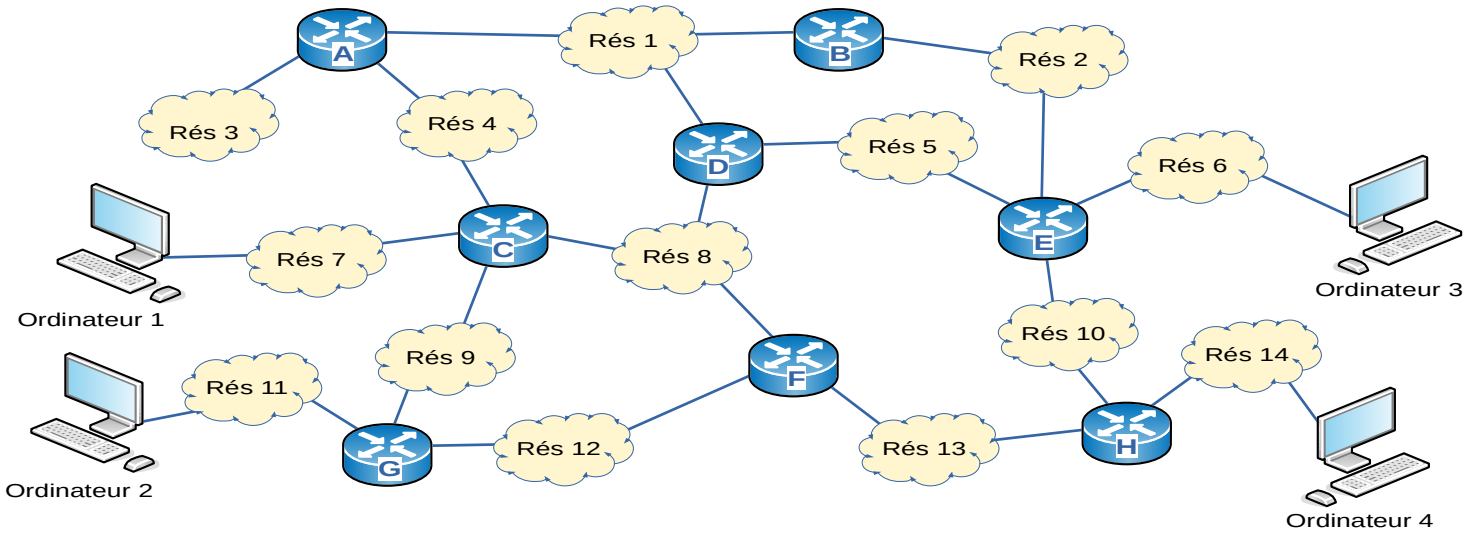
L'activité des routeurs décrite précédemment est appelée **routage** et est spécifiée sur chaque routeur par une **table de routage**. La table de routage d'un routeur est configurable et contient différentes entrées permettant d'indiquer au routeur comment aiguiller le paquet IP à router à partir de l'adresse IP de la machine destinataire présente dans son en-tête. Une telle table à la forme simplifiée suivante :

IP/Réseau destination	Routeur suivant
Réseau 1	direct
Réseau 2	Routeur A
Réseau 3	Routeur C
Défaut	Routeur B

Cette table contient quatre entrées spécifiant différentes routes possibles. La première entrée indique que les paquets ayant comme destination un ordinateur du réseau 1 peuvent être directement envoyés sur ce réseau. La deuxième entrée indique que les paquets ayant comme destination un ordinateur du réseau 2 doivent être transmis au routeur A. La troisième entrée indique que les paquets ayant comme destination un ordinateur du réseau 3 doivent être transmis au routeur C. La dernière correspond à la règle par défaut, si un paquet n'a pas pour destination un ordinateur du réseau 1, du réseau 2 ou du réseau 3 alors il doit être transmis au routeur B.
La table de routage précédente a une forme simplifiée, dans la réalité les réseaux destination sont spécifiés à l'aide d'une adresse IP et d'un masque réseau. Par exemple, 192.168.0.3 et 255.255.255.0, correspondra au réseau constitué des machines dont l'adresse IP commence par 192.168.0. De la même manière, le routeur suivant est défini par une adresse IP d'un routeur voisin.

Activité 7

Considérons le mini Internet suivant :

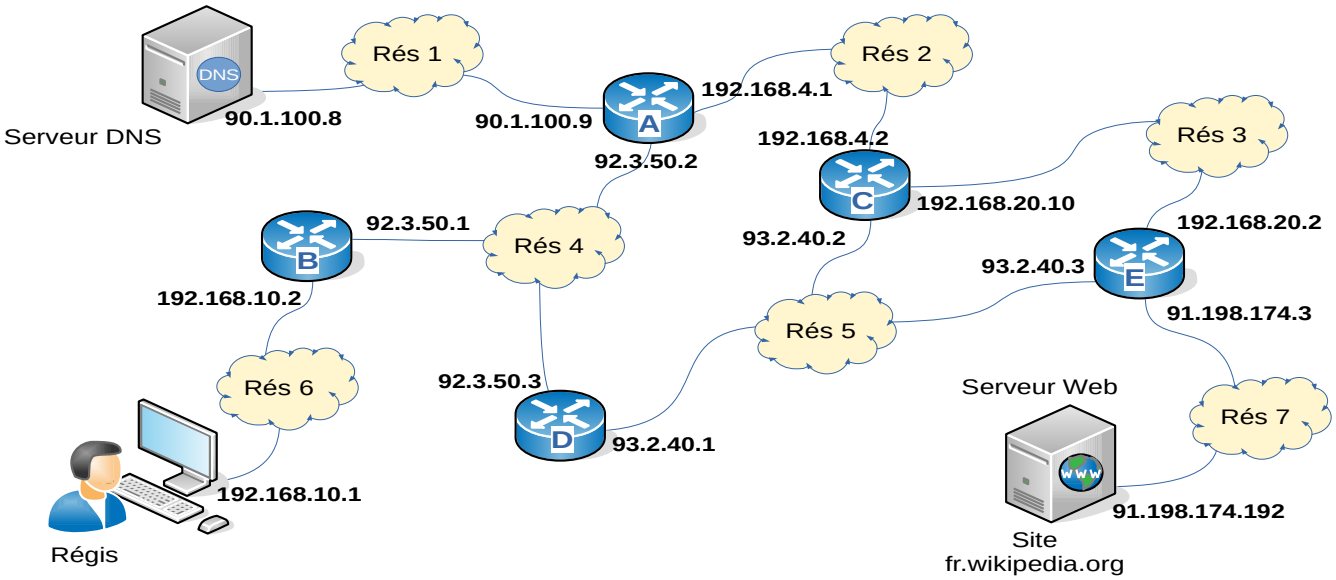


La configuration des différentes machines (les routeurs par défaut pour les différents ordinateurs et les tables de routage des différents routeurs) est donnée en Annexe A. À partir de cette configuration, dessinez sur la feuille Annexe B le trajet de chacun des paquets IP suivants à l'aide de flèches :

1. un paquet IP envoyé par Ordinateur 1 à Ordinateur 2,
2. un paquet IP envoyé par Ordinateur 1 à Ordinateur 3,
3. un paquet IP envoyé par Ordinateur 1 à Ordinateur 4,
4. un paquet IP envoyé par Ordinateur 4 à Ordinateur 1.

Est-ce que Ordinateur 4 peut transmettre un paquet IP à une machine sur le réseau Rés 3 ?

Activité 8



Pour simplifier, ici nous supposons que le réseau Internet est seulement constitué des sous-réseaux représentés sur le schéma précédent.

1. Complétez les tables de routage données en Annexe C afin que les requêtes DNS et HTTP du navigateur de Régis, ainsi que leur réponse, puissent être transmises convenablement.
2. Complétez le schéma donné en Annexe C par des flèches de couleur afin d'indiquer les chemins empruntés par les paquets IP lors :
   - de la requête DNS effectuée par l'ordinateur de Régis (en bleu),
   - de la réponse DNS effectuée par le serveur DNS (en noir),
   - de la requête HTTP effectuée par l'ordinateur de Régis (en rouge),
   - de la réponse HTTP effectuée par le serveur Web (en vert).

TCP/UDP

Nous avons vu que le protocole IP permettait à deux machines distantes sur Internet de se transmettre des données grâce à l'échange de paquets IP. Néanmoins, ce protocole seul n'est pas suffisant pour que deux programmes s'exécutant sur deux machines distantes puissent s'échanger des données. En effet, avec le protocole IP nous sommes confrontés aux deux problématiques suivantes :

1. Plusieurs programmes s'exécutent au même moment sur une même machine et in fine ce sont les programmes qui communiquent et traitent les données échangées sur Internet. Par exemple, lors de la consultation d'une page Web, le programme correspondant au navigateur Web communique avec le programme qui s'exécute sur le serveur Web et qui délivre les pages Web. Cependant, nous avons précédemment vu qu'une adresse IP permet d'identifier une machine source ou destinataire connectée Internet et non pas un programme émetteur ou destinataire s'exécutant sur une machine connectée à Internet.
2. Une autre problématique est que les données échangées peuvent être de grande taille alors qu'un paquet IP ne peut transporter des données que de relative petite taille.

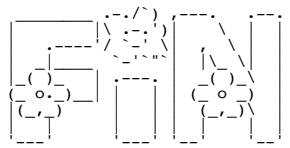
Afin de pallier ces deux problématiques, deux protocoles de plus haut niveau que IP ont été introduits : les protocoles UDP et TCP. Ces deux protocoles permettent à deux programmes s'exécutant sur deux machines distantes sur Internet de s'échanger des données. De la même manière que les paquets IP sont encapsulés dans la partie données des trames, les messages UDP et TCP sont transportés/encapsulés dans la partie données des paquets IP. Un message UDP/TCP est également constitué de deux parties : une partie en-tête et une partie données. La partie données contient les données *brutes* échangées par les programmes distants. La partie en-tête contient différentes informations parmi lesquels deux nombres entiers appelés **numéro de port source** et **numéro de port destination** permettant d'identifier le programme émetteur et le programme destinataire du message s'exécutant respectivement sur, la machine émettrice et la machine destinataire. Cette nouvelle information permet de résoudre la problématique (1) évoquée plus haut. Les programmes

associés à certains services sont associés à des numéros de port particuliers. Par exemple, le numéro de port afin de contacter le programme délivrant les pages Web sur un serveur Web est par défaut le numéro de port 80. Tandis que le numéro de port afin de contacter le programme effectuant la résolution de nom sur un serveur DNS est par défaut 53. Une adresse IP auquel est ajoutée un numéro de port est appelée **adresse applicative.**
Comme pour le protocole IP, le protocole UDP permet d'envoyer un paquet de données. Ce paquet peut être vu comme un paquet IP échangé entre deux programmes auquel a été ajouté des numéros de port permettant d'identifier les programmes expéditeur et destinataire. A contrario du protocole UDP, le protocole TCP permet une connexion (virtuelle) entre deux machines distantes puis l'échange des données via un flux de données. Ceci est réalisé grâce à l'échange d'un ensemble de paquets IP (et non pas un seul) entre les machines distantes permettant ainsi d'échanger des informations de grande taille. Le choix entre le protocole UDP et le protocole TCP est effectué en fonction des services utilisés. Par exemple, la communication avec un serveur Web se fait en utilisant le protocole TCP (et le numéro de port 80) tandis que l'envoie d'une requête à un serveur DNS se fait en utilisant le protocole UDP (et le numéro de port 53).

Activité 9

Dans une URL peut être indiqué le numéro de port auquel le serveur Web sera contacté en ajoutant le caractère : (le caractère deux points) et le numéro de port après le nom du site. Par défaut, nous avons vu que ce numéro de port est 80. Ajoutez le numéro de port 80 aux URL suivantes et vérifiez que la page correspondante est toujours délivrée. Dans un deuxième temps vous mettrez le numéro de port 81 et vérifierez que cela ne fonctionne plus.

a. http://www.google.fr
b. http://www.onisep.fr/Choisir-mes-etudes/Apres-le-bac



Annexe A – Passerelles par défaut et tables de routage (Activité 7)

Passerelles par défaut

Ordinateur	Passerelle par défaut
Ordinateur 1	Routeur C
Ordinateur 2	Routeur G
Ordinateur 3	Routeur E
Ordinateur 4	Routeur H

Tables de routage

Table de routage du Routeur A

Destination	Routeur suivant
Rés 1	direct
Rés 3	direct
Rés 4	direct
Défaut	Routeur D

Table de routage du Routeur B

Destination	Routeur suivant
Rés 1	direct
Rés 2	direct
Défaut	Routeur D

Table de routage du Routeur C

Destination	Routeur suivant
Rés 4	direct
Rés 7	direct
Rés 8	direct
Rés 9	direct
Rés 11	Routeur G
Défaut	Routeur A

Table de routage du Routeur D

Destination	Routeur suivant
Rés 1	direct
Rés 5	direct
Rés 8	direct
Rés 7	Routeur C
Rés 11	Routeur C
Défaut	Routeur F

Table de routage du Routeur E

Destination	Routeur suivant
Rés 2	direct
Rés 5	direct
Rés 6	direct
Rés 10	direct
Défaut	Routeur B

Table de routage du Routeur F

Destination	Routeur suivant
Rés 8	direct
Rés 12	direct
Rés 13	direct
Défaut	Routeur H

Table de routage du Routeur G

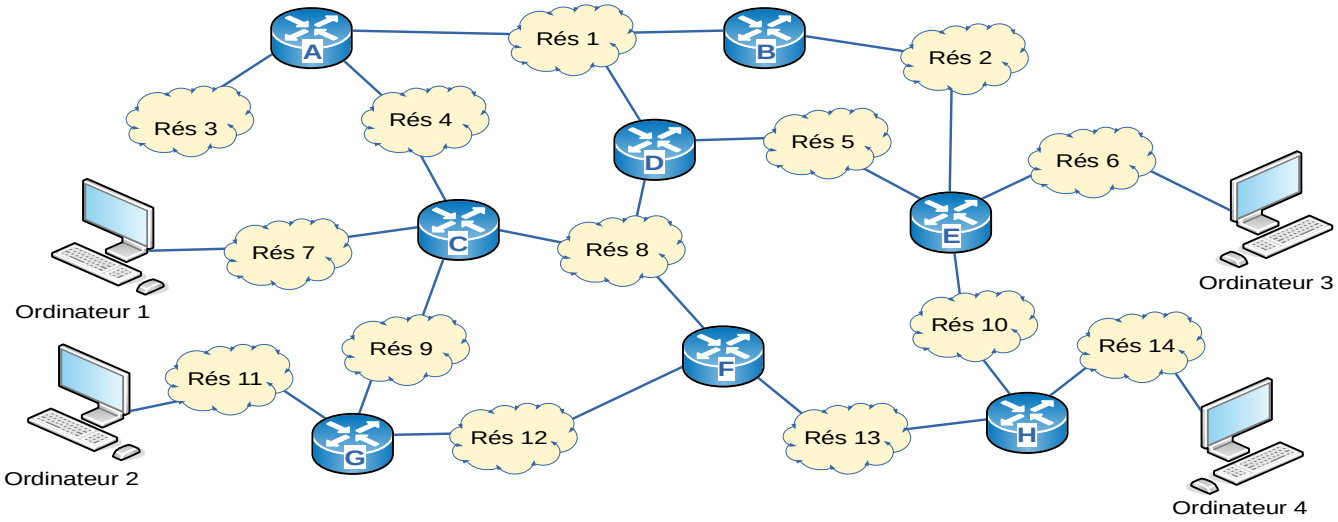
Destination	Routeur suivant
Rés 9	direct
Rés 11	direct
Rés 12	direct
Défaut	Routeur C

Table de routage du Routeur H

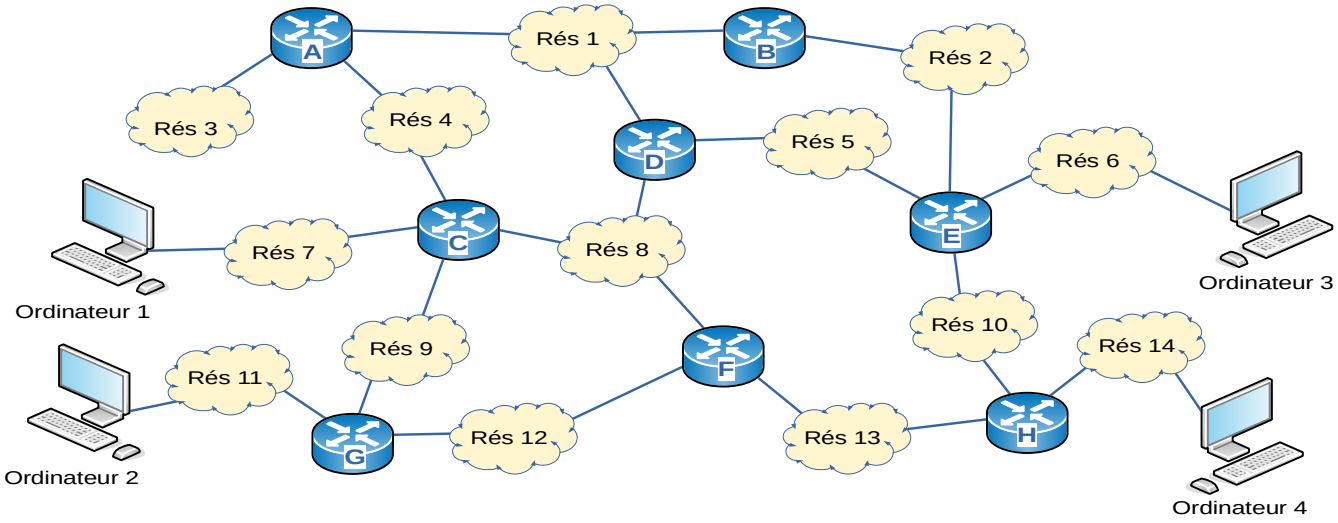
Destination	Routeur suivant
Rés 10	direct
Rés 13	direct
Rés 14	direct
Défaut	Routeur E

Annexe B – Schémas à compléter (Activité 7)

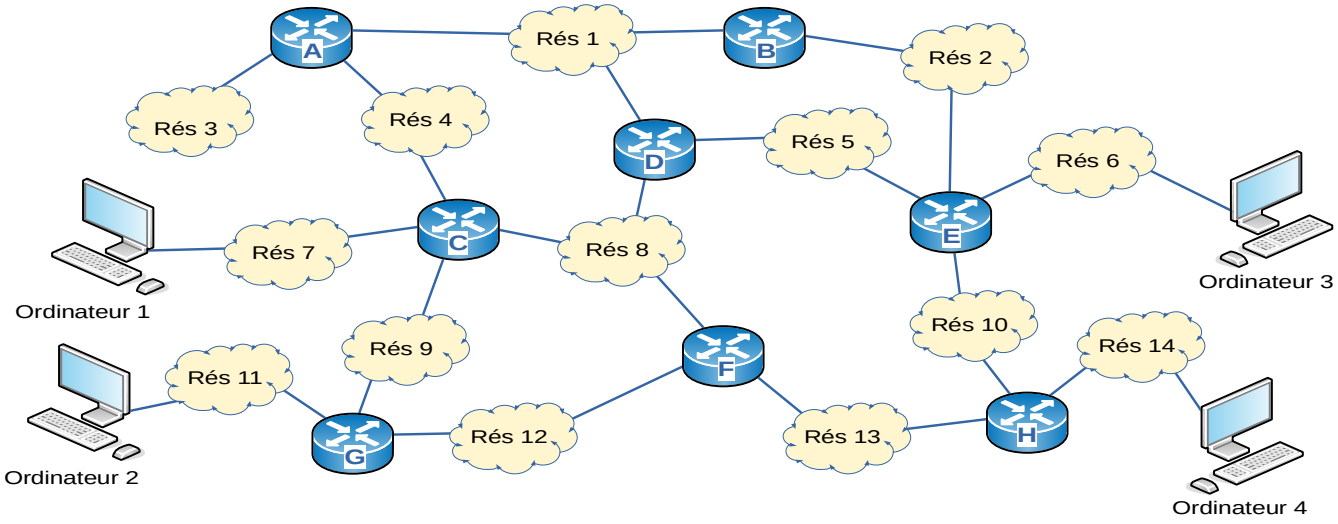
Paquet IP envoyé par Ordinateur 1 à Ordinateur 2



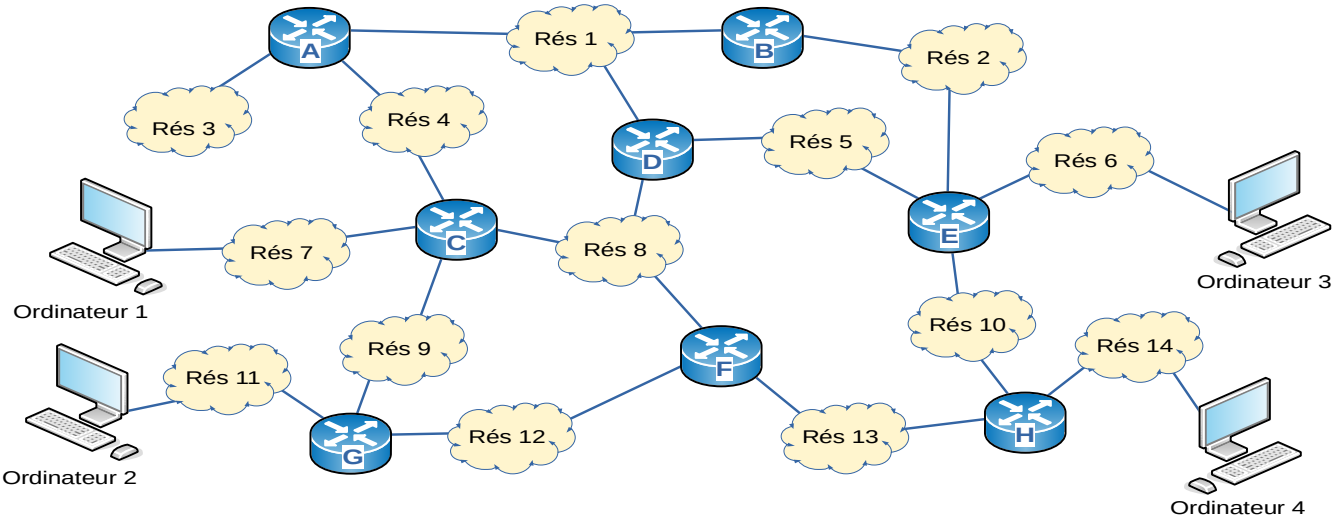
Paquet IP envoyé par Ordinateur 1 à Ordinateur 3



Paquet IP envoyé par Ordinateur 1 à Ordinateur 4



Paquet IP envoyé par Ordinateur 4 à Ordinateur 1



Annexe C – Passerelles par défaut et tables de routage (Activité 8)

Passerelles par défaut

Ordinateur	Passerelle par défaut
Ordinateur de Régis	192.168.10.2 (Routeur B)
Serveur DNS	90.1.100.9 (Routeur A)
Serveur Web	91.198.174.3 (Routeur E)

Tables de routage

Table de routage du Routeur A

Destination	Routeur suivant
90.1.100.X (Rés 1)	direct
192.168.4.X (Rés 2)	direct
92.3.50.X (Rés 4)	direct
Défaut	

Table de routage du Routeur B

Destination	Routeur suivant
192.168.10.X (Rés 6)	direct
92.3.50.X (Rés 4)	direct
Défaut	92.3.50.3 (Routeur D)

Table de routage du Routeur C

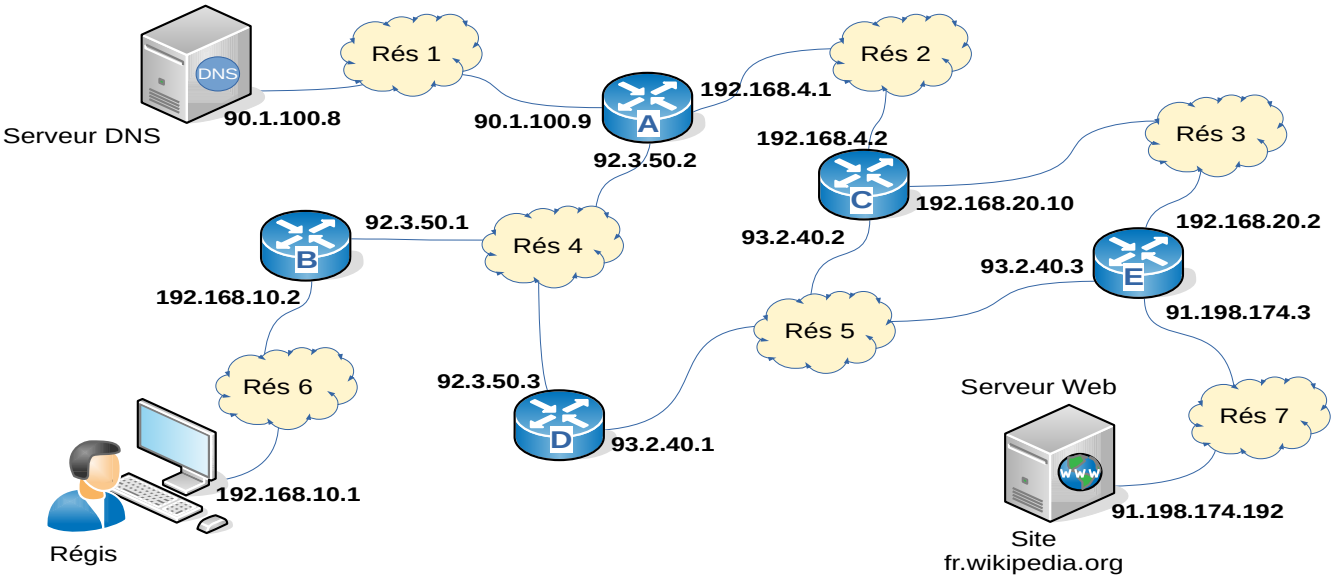
Destination	Routeur suivant
	direct
	direct
	direct
Défaut	

Table de routage du Routeur D

Destination	Routeur suivant
93.2.40.X (Rés 5)	direct
92.3.50.X (Rés 4)	direct
Défaut	93.2.40.3 (Routeur E)

Table de routage du Routeur E

Destination	Routeur suivant
93.2.40.X (Rés 5)	direct
192.168.174.X (Rés 7)	direct
192.168.20.X (Rés 3)	direct
Défaut	


DNS
Serveur DNS
90.1.100.8
Rés 1
90.1.100.9
A
192.168.4.1
Rés 2
92.3.50.2
192.168.4.2
C
192.168.20.10
Rés 3
192.168.20.2
93.2.40.2
93.2.40.3
E
91.198.174.3
B
92.3.50.1
Rés 4
192.168.10.2
Rés 5
Rés 6
92.3.50.3
D
93.2.40.1
Serveur Web
Rés 7
192.168.10.1
91.198.174.192
Régis
Site
fr.wikipedia.org