Note de cours : Protocole, port, domaine, url, adress, masque [COURS-2026-2E1O]

📚 Type de document : Cours

Protocole, port, domaine, URL, adresse, masque — notes de cours complètes et exhaustives

Introduction et contexte

📌 Introduction

📌 Contexte historique ou pratique

• L’Internet et les réseaux locaux utilisent des mécanismes standards (protocoles, adresses, DNS, ports) pour permettre la communication entre machines hétérogènes.

• Comprendre ces éléments est indispensable pour l’administration réseau, la sécurité, le développement web, la conception d’architectures cloud et le dépannage.

• L’apparition d’IPv6, la pénurie d’adresses IPv4 publiques et les bonnes pratiques de segmentation réseau rendent la maîtrise du masquage et du calcul de sous-réseau essentielle.

Protocole (compétence 1)

📌 Concepts fondamentaux

> 📖 **Définition :** : protocole = ensemble de règles et formats définissant la façon dont deux entités communiquent sur un réseau (messages, ordre, réponses, gestion d’erreurs).

• Un protocole définit le "langage" et la "procédure" d’échange.

• Les protocoles sont organisés selon des modèles (ex. OSI, TCP/IP).

📖 **Définition :** : **IP** = Internet Protocol, protocole de couche réseau gérant l'adressage et le routage des paquets (IPv4, IPv6).

📖 **Définition :** : **TCP** = Transmission Control Protocol, protocole de transport orienté connexion garantissant livraison, ordre et intégrité.

📖 **Définition :** : **UDP** = User Datagram Protocol, protocole de transport sans connexion, faible latence, pas de garantie de livraison.

📖 **Définition :** : **ICMP** = Internet Control Message Protocol, utilisé pour messages d'erreur et diagnostics (ex. ping).

📖 **Définition :** : **ARP** = Address Resolution Protocol, résout les adresses IPv4 vers adresses MAC sur un réseau local.

> 💡 **Exemple :** : HTTP (HyperText Transfer Protocol) définit comment un client (navigateur) demande une page à un serveur web et comment le serveur répond. HTTP s'appuie sur TCP.

> 💡 **Exemple :** : DNS (Domain Name System) permet de traduire un nom de domaine en adresse IP; il utilise principalement UDP pour les requêtes simples et TCP pour les transferts de zone.

🔧 **Méthode :** : pour choisir un protocole

1. Identifier les besoins (fiabilité, latence, débit).
2. Si besoin de fiabilité et d'ordre -> utiliser TCP.
3. Si besoin de rapidité / diffusion sans overhead -> utiliser UDP.
4. Si besoin de messages de diagnostic -> ICMP, SNMP pour monitoring.

🎯 **Application :** : Utilisation des protocoles

- Transfert de fichiers -> FTP (ou SFTP sur SSH).
- Navigation web -> HTTP/HTTPS.
- Envoi d'e-mail -> SMTP/IMAP/POP3.
- Téléphonie sur IP -> SIP + RTP (UDP).

⚠️ **Attention :** : confondre protocole et port — le protocole est la règle; le port identifie une application sur une machine. Par exemple, HTTP est un protocole, 80 est un port souvent associé à HTTP.

📌 Protocoles courants — description et but

- **HTTP (80)** : échange de ressources web; texte clair (sauf version sécurisée).
- **HTTPS (443)** : HTTP sur TLS/SSL, chiffrage des données.
- **FTP (21)** : transfert de fichiers (contrôle à 21, données souvent sur 20).
- **SSH (22)** : accès distant sécurisé en ligne de commande et tunnel sécurisé.
- **DNS (53)** : résolution de noms; UDP pour requêtes, TCP pour transferts.
- **SMTP (25)** : envoi d’e-mails entre serveurs.
- **IMAP (143) / POP3 (110)** : récupération d’e-mails par client; IMAP synchronise.

• **RDP (3389)** : bureau à distance Microsoft.

• **MySQL (3306), PostgreSQL (5432)** : services bases de données.

• **SNMP (161)** : monitoring réseau.

• **NTP (123)** : synchronisation d'heure.

> 💡 **Exemple :** : Un utilisateur saisit https://www.example.com. Le navigateur utilise DNS pour obtenir l'IP du domaine, puis ouvre une connexion TCP sur le port 443 et réalise un échange HTTPS (TLS) pour récupérer la page.

Port (compétence 2)

📌 Concepts fondamentaux

> 📖 **Définition :** : port = numéro (0-65535) qui identifie une application ou service sur une machine. Il permet au protocole de transport (TCP/UDP) de distinguer les flux.

• Plage : 0–65535 (16 bits).

• Catégories :

- 0–1023 : ports bien connus (well-known).
- 1024–49151 : ports enregistrés.
- 49152–65535 : ports dynamiques/éphémères.

> 💡 **Exemple :** : serveur web écoute sur le port 80/TCP (HTTP) et 443/TCP (HTTPS). Le client ouvre un port éphémère (ex. 50000) pour la connexion entrante.

🔧 **Méthode :** : associer un port à une application

- Rechercher la documentation officielle ou /etc/services (Unix).
- Éviter d'utiliser ports bien-connus pour applications personnalisées.
- Configurer pare-feu pour autoriser seulement les ports nécessaires.

🎯 **Application :** : pare-feu, NAT, redirection de port, sécurisation des services (changer port par défaut pour réduire détection automatique).

⚠️ **Attention :** : ouvrir un port dans le pare-feu n'est pas suffisant : l'application doit écouter. Les scanners détectent les ports ouverts; fermer ports inutiles réduit la surface d'attaque.

📌 Ports par défaut — liste utile

- 20,21 TCP : FTP (données, contrôle)
- 22 TCP : SSH
- 23 TCP : Telnet (obsolète, non chiffré)
- 25 TCP : SMTP
- 53 UDP/TCP : DNS
- 67/68 UDP : DHCP (serveur/client)
- 80 TCP : HTTP
- 110 TCP : POP3
- 123 UDP : NTP
- 143 TCP : IMAP
- 161 UDP : SNMP
- 443 TCP : HTTPS
- 3389 TCP : RDP

> 💡 **Exemple :** : Une application de jeu peut demander des ports UDP spécifiques. Si le routeur NAT n’a pas ces ports redirigés, les joueurs ne pourront pas se connecter directement.

Domaine (compétence 3)

📌 Concepts fondamentaux

> 📖 **Définition :** : domaine = nom symbolique utilisé pour identifier des ressources sur Internet; il est organisé hiérarchiquement (ex. sub.example.com).

- TLD (Top Level Domain) : .com, .org, .fr, .edu, etc.
- Domaine de second niveau : example dans example.com.
- Sous-domaine : www, mail, blog.

> 📖 **Définition :** : DNS = Domain Name System, service distribué traduisant noms de domaine en adresses IP et stockant d’autres enregistrements (MX, TXT, CNAME, NS, PTR, SRV).

> 💡 **Exemple :** : pour www.example.com, les enregistrements DNS peuvent être :

- A record : www -> 93.184.216.34
- MX record : mail -> mx.example.com
- NS record : ns1.example.com, ns2.example.com

🔧 **Méthode :** : résolution DNS (processus)

5. L'application demande le nom à la résolution (système d'exploitation).

6. Vérifier cache local.

7. Interroger le résolveur récursif configuré (fournisseur d'accès ou 8.8.8.8).

8. Le résolveur interroge la hiérarchie (root -> TLD -> authoritative).

9. Réponse renvoyée et mise en cache selon TTL.

🎯 **Application :** : gestion de domaine pour hébergement web, e-mail, validation de certificats TLS, redirections, politique SPF/DKIM.

⚠️ **Attention :** : modification DNS n'est pas instantanée (TTL), propagation variable; mauvais enregistrements MX peuvent casser la réception d'e-mails.

URL (compétence 4)

📌 Concepts fondamentaux

📖 **Définition :** : URL = Uniform Resource Locator, format standard pour localiser une ressource sur Internet. Structure : scheme://userinfo@host:port/path?query#fragment

- scheme (protocole) : http, https, ftp, mailto, file, etc.
- host : nom de domaine ou adresse IP.
- port : optionnel si port par défaut.
- path : chemin de la ressource.
- query : paramètres (clé=valeur).
- fragment : ancre dans la ressource.

> 💡 **Exemple :** :
> https://user:pass@sub.example.com:8443/path/page.html?search=réseau#section2

- scheme = https
- userinfo = user:pass
- host = sub.example.com
- port = 8443
- path = /path/page.html
- query = search=réseau
- fragment = section2

🔧 **Méthode :** : analyser une URL

10. Identifier le scheme (avant ://).
11. Repérer userinfo s'il y a @.
12. Extraire host et port (après @ et avant /).
13. Séparer path, query (après ?) et fragment (après #).

🎯 **Application :** : configuration d'applis web, reverse proxy, règles de redirection, sécurité (validation des query strings).

⚠️ **Attention :** : inclure des données sensibles dans l'URL (userinfo, tokens) est risqué car URL peut être loggée.

Adresse (compétence 5)

📌 Concepts fondamentaux

📖 **Définition :** : adresse IP = identifiant numérique d'une interface réseau permettant la communication sur un réseau IP. Types : IPv4 (32 bits), IPv6 (128 bits).

📖 **Définition :** : adresse MAC = identifiant matériel unique d'interface réseau (couche liaison).

📖 **Définition :** : adresse IPv4 dotted decimal = écriture en 4 octets séparés par des points, ex. 192.168.1.1.

📖 **Définition :** : adresse IPv6 = écriture hexadécimale sur 8 groupes de 16 bits, ex. 2001:0db8::1.

> 💡 **Exemple :** : 192.168.0.10/24 signifie adresse 192.168.0.10 avec masque 255.255.255.0 (préfixe /24).

🔧 **Méthode :** : convertir IPv4 décimale en binaire

14. Prendre chaque octet (0–255).
15. Convertir en binaire sur 8 bits.
16. Exemple : 192.168.1.10 -> 11000000.10101000.00000001.00001010

🎯 **Application :** : adresse IP configurée sur interfaces, routage, filtrage.

⚠️ **Attention :** : confondre adresse machine et adresse réseau (network address) ; configurer la mauvaise passerelle ou masque rompt la communication.

📌 Adresses privées et spéciales IPv4

> 📖 **Définition :** : adresses privées RFC1918 = plages non routables sur Internet (utiles pour LAN)

- 10.0.0.0/8 : 10.0.0.0 – 10.255.255.255
- 172.16.0.0/12 : 172.16.0.0 – 172.31.255.255
- 192.168.0.0/16 : 192.168.0.0 – 192.168.255.255

📖 **Définition :** : adresse loopback = 127.0.0.1 (IPv4) pour la communication locale.

📖 **Définition :** : APIPA/Link-local = 169.254.0.0/16 utilisée en absence de serveur DHCP.

📖 **Définition :** : broadcast = adresse spéciale pour adresser tous les hôtes d'un réseau (ex. 192.168.1.255 pour /24).

> 💡 **Exemple :** : 192.168.1.0/24 : network=192.168.1.0, broadcast=192.168.1.255, hôtes=192.168.1.1–192.168.1.254.

Masque et sous-réseau (compétence 6)

📌 Concepts fondamentaux

📖 **Définition :** : masque de sous-réseau = bits à 1 contigus à gauche du masque indiquant la partie réseau d'une adresse IPv4; peut s'exprimer en dotted decimal (255.255.255.0) ou en préfixe /n (ex. /24).

📖 **Définition :** : sous-réseau (subnet) = portion d'un réseau IP séparée par un masque; permet de diviser un réseau en segments plus petits.

📖 **Définition :** : adresse réseau = adresse identifiant le réseau (bits host = 0).

📖 **Définition :** : adresse broadcast = adresse identifiant tous les hôtes du réseau (bits host = 1).

📖 **Définition :** : hôte utilisable = adresse IP assignable à une machine, située entre adresse réseau +1 et broadcast −1 (sauf exceptions /31, /32).

> 💡 **Exemple :** : masque /26 = 255.255.255.192 -> bits host = 6 -> 2^6 = 64 adresses totales -> 62 hôtes utilisables.

📌 Calculs essentiels (méthode générale)

🔧 **Méthode :** : calculer le nombre d'adresses totales et d'hôtes utilisables

17. Déterminer la longueur du préfixe p (ex. /p).

18. Adresses totales = 2^(32 − p).

19. Hôtes utilisables = 2^(32 − p) − 2 (réserver network et broadcast).

20. Exceptions :

• /31 : selon RFC 3021, utilisé pour liens point-à-point, 2 adresses utilisables, pas de broadcast.

• /32 : une seule adresse ; utilisé pour un hôte unique.

🔧 **Méthode :** : trouver la plage réseau (network base, broadcast, dernière IP utilisable)

21. Convertir l'adresse IP et le masque en binaire OU travailler octet par octet.

22. Trouver l'octet où masque n'est pas 255 (octet de changement).

23. Calculer l'incrément = 256 − valeur_de_l_octet_de_masque (ex. pour /26, masque octet = 192 -> incrément = 64).

24. Calculer network_base = floor(octet_de_l_IP / incrément) * incrément (les octets suivants si nécessaire remettent à 0).

25. Broadcast = network_base + incrément − 1 (domaines de l'octet modifié et suivants = 255).

26. Dernière IP disponible (last usable) = broadcast − 1.

27. Vérifier si adresse donnée appartient bien au réseau calculé.

Exemple détaillé : calculer pour 192.168.1.130/26

- /26 -> masque 255.255.255.192, incrément = 256 − 192 = 64.
- Octet changeur = 3ème octet? En fait 4ème octet (192 se trouve dans 4e octet).
- Réseaux possibles dans 4e octet : 0,64,128,192
- 130 appartient au bloc 128–191.
- network = 192.168.1.128
- broadcast = 192.168.1.191

• adresses utilisables = 192.168.1.129–192.168.1.190

• dernière adresse disponible = 192.168.1.190

• nombre d’hôtes = 62

> 💡 **Exemple :** : 10.0.0.0/22

• /22 -> bits host = 10 -> adresses totales = 1024, hôtes utilisables = 1022.

• Masque = 255.255.252.0 ; incrément dans 3e octet = 256 − 252 = 4.

• Réseaux 3e octet : 0,4,8,12...

• Pour 10.0.2.15 (3e octet=2), réseau = 10.0.0.0 (puis calcule précis selon IP).

• broadcast pour réseau 10.0.0.0/22 = 10.0.3.255.

📌 Exemples multiples et variations

> 💡 **Exemple :** : 172.16.10.32/28

• /28 -> masque 255.255.255.240, incrément = 16.

• Réseaux dans 4e octet : 0,16,32,48...

• 32 appartient au bloc 32–47.

- network = 172.16.10.32
- broadcast = 172.16.10.47
- dernière IP utilisable = 172.16.10.46
- nombre d’hôtes = 14

> 💡 **Exemple :** : 192.168.100.5/30

- /30 -> 2 bits host -> adresses totales = 4, hôtes utilisables = 2.
- incrément = 4 ; réseaux 0,4,8...
- 5 dans bloc 4–7 -> network = 192.168.100.4, broadcast = 192.168.100.7, hôtes utilisables = .5 et .6 ; dernière utilisable = .6.

> 💡 **Exemple :** : /25 division

- 192.168.1.0/25 => network = 192.168.1.0, broadcast = 192.168.1.127, hôtes = .1–.126
- 192.168.1.128/25 => network = 192.168.1.128, broadcast = 192.168.1.255, hôtes = .129–.254

> 💡 **Exemple :** : /31 et /32

- 10.0.0.0/31 : utilisé pour liens point-à-point ; adresses utilisables : 10.0.0.0 et 10.0.0.1 (pas de broadcast).
- 10.0.0.1/32 : représente une interface unique ; utile pour firewall rules ou route statique vers un hôte spécifique.

📌 Calculer la dernière adresse IP disponible et le nombre de PC (exercice ciblé)

🔧 **Méthode :** : donnée : "à partir d'un masque de sous-réseau calculer la dernière adresse IP disponible et le nombre de PC"

28. Trouver préfixe /p ou masque décimal.
29. Calculer hôtes utilisables = 2^(32 − p) − 2 (sauf /31, /32).
30. Calculer incrément et réseau comme indiqué dans la méthode précédente.
31. Broadcast = réseau + (2^(32 − p) − 1).
32. Last usable = broadcast − 1.

Exercices avec solutions

- Exercice 1 : 192.168.50.100/26

- /26 -> 64 adresses totales, 62 hôtes.
- bloc = 64 * floor(100/64) = 64 -> network = 192.168.50.64
- broadcast = 192.168.50.127
- last usable = 192.168.50.126
- Exercice 2 : 172.16.5.200/27
- /27 -> incrément 32 ; blocs 0,32,64,96,128,160,192,224
- 200 dans bloc 192–223 -> network = 172.16.5.192
- broadcast = 172.16.5.223
- last usable = 172.16.5.222
- hôtes = 30

📌 Points d’attention spécifiques (pièges)

⚠️ **Attention :** : erreur fréquente = oublier que network et broadcast ne sont pas utilisables (sauf /31).

⚠️ **Attention :** : mauvaise conversion binaire -> résultats erronés. Vérifier chaque octet.

⚠️ **Attention :** : confondre préfixe /n et masque décimal ; 255.255.255.0 = /24.

⚠️ **Attention :** : utiliser /30 pour connexion point-à-point n’est pas optimal si on veut plus d’hôtes.

⚠️ **Attention :** : overlap de sous-réseaux provoque routage imprévisible.

⚠️ **Attention :** : ne pas tenir compte des adresses réservées (ex. réseaux 0.0.0.0/8 pour certaines utilisations historiques).

⚠️ **Attention :** : avec IPv6, le calcul diffère (128 bits), et les pratiques sont différentes (pas de concept broadcast, multicast à la place).

Applications pratiques

📌 Cas d'usage concrets

- Planification d’adressage IP pour PME : définir une plage privée, sous-réseautage pour VLAN (ex. /24 par bureau, /26 pour imprimantes, /28 pour DMZ).
- Configuration de routeur : définir interface LAN 192.168.1.1/24, DHCP range 192.168.1.100–192.168.1.200.
- Sécurisation : fermer tous les ports sauf ceux nécessaires (ex. 22, 80, 443) sur firewall.

• Déploiement web : associer domaine à IP via enregistrement A/AAAA, configurer certificat TLS pour HTTPS.

📌 Exercices pratiques (avec correction)

• Exercice A : À partir de 10.10.10.77/29, calculez network, broadcast, plage utilisable, nombre d'hôtes et dernière adresse.

• /29 -> incrément = 8 ; blocs 0,8,16,...

• 77 divisé par 8 -> floor(77/8)=9 -> 9*8=72 -> network = 10.10.10.72

• broadcast = 10.10.10.79

• utilisables = 73–78 ; last usable = 10.10.10.78 ; hôtes = 6

• Exercice B : 192.0.2.10/24 -> network=192.0.2.0, broadcast=192.0.2.255, last usable=192.0.2.254, hôtes=254.

Points d'attention et erreurs courantes

• Confondre adresse réseau et adresse hôte.

• Oublier la réserve network/broadcast.

• Mauvais choix de masque entraînant gaspillage d’adresses (ex. donner /16 quand /24 suffirait).

• Mauvaise gestion des plages DHCP (collision avec IP statiques).

• Problèmes NAT : redirections de ports mal configurées empêchent l’accès externe.

• TTL DNS : changement d’enregistrement non immédiat.

• Sécurité : ports ouverts exposent services ; patcher applications écoutant sur ports par défaut.

• IPv6 : ne pas confondre règles IPv4 et IPv6, absence de broadcast.

Résumé et points clés à retenir

• Un protocole est un ensemble de règles ; un port identifie une application. On associe souvent des ports par défaut à des protocoles (HTTP->80, HTTPS->443, SSH->22).

• Le domaine est un nom hiérarchique résolu par DNS en adresse IP.

• Une URL indique comment atteindre une ressource (scheme, host, port, path, query, fragment).

• Une adresse IPv4 se lit en dotted decimal ; un masque peut être en dotted decimal ou en préfixe (/n).

• Calculer la dernière IP disponible :

33. trouver incrément = 256 − valeur_octet_de_masque_pa_variant

34. trouver network base avec floor(ip/octet_incr)*incr

35. broadcast = network + incr −1

36. last usable = broadcast −1

• Formule nombre d'hôtes utilisables = 2^(32 − prefix) − 2 (exceptions /31, /32).

• Toujours vérifier overlaps, réservations et bonnes pratiques de sécurité.

Lexique complet des termes techniques

📖 **Définition :** : adresse IP = identifiant numérique d'une interface réseau (IPv4/IPv6).

📖 **Définition :** : IPv4 = version 4 du protocole Internet (32 bits).

📖 **Définition :** : IPv6 = version 6 du protocole Internet (128 bits).

📖 **Définition :** : masque de sous-réseau = bits à 1 indiquant partie réseau.

📖 **Définition :** : préfixe (/n) = notation compacte du masque (ex. /24).

📖 **Définition :** : adresse réseau = adresse avec bits hôte = 0.

📖 **Définition :** : adresse broadcast = adresse avec bits hôte = 1.

📖 **Définition :** : port = numéro identifiant un service/application (0–65535).

📖 **Définition :** : protocole = règles de communication sur le réseau.

📖 **Définition :** : DNS = système de traduction de noms de domaine en adresses IP.

📖 **Définition :** : URL = Localisateur uniforme de ressource.

📖 **Définition :** : ARP = résolution d’adresses IP vers MAC sur LAN.

📖 **Définition :** : ICMP = messages de contrôle et de diagnostic (ping).

📖 **Définition :** : NAT = Network Address Translation, traduction d'adresses privé <-> publique.

📖 **Définition :** : DHCP = Dynamic Host Configuration Protocol, attribution automatique d'IP.

📖 **Définition :** : VLAN = Virtual LAN, segmentation logique d'un réseau physique.

📖 **Définition :** : TTL = Time To Live, durée de vie de caches DNS ou champ IP.

Annexes : listes et ressources rapides

• Rappel conversion octet binaire : 0->00000000, 128->10000000, 192->11000000, 224->11100000, 240->11110000, 248->11111000, 252->11111100, 254->11111110, 255->11111111

• Table de correspondance préfixe ↔ masque (exemples) :

• /8 = 255.0.0.0

• /16 = 255.255.0.0

- /24 = 255.255.255.0
- /25 = 255.255.255.128
- /26 = 255.255.255.192
- /27 = 255.255.255.224
- /28 = 255.255.255.240
- /29 = 255.255.255.248
- /30 = 255.255.255.252

⚠️ : Ce document doit servir de base. Pour s'entraîner, refaites les exercices en variant les adresses et les masques. En cas de doute, effectuez la conversion binaire pas à pas et vérifiez avec un outil de calcul de sous-réseau.

> 💡 **Exemple :** : Résumé d'une procédure complète pour 192.168.200.75/26

37. /26 -> incrément = 64.

38. Bloc = floor(75/64) = 1 -> 1*64 = 64 -> network = 192.168.200.64.

39. broadcast = 192.168.200.127.

40. last usable = 192.168.200.126.

41. nombre d’hôtes = 62.

⚠️ **Attention :** : ne jamais laisser d’adresses statiques dans la plage DHCP sans les exclure (réservation ou exclure range) pour éviter conflit.

-- Fin des notes de cours.

👨‍🏫 Professeur : Julien Mievis

📅 Date de création : 16/03/2026