VLSM : exercices d'approfondissement

Série 2 : six exercices et un défi pour approfondir le VLSM, avec un parent /22 ou /20, une réserve de croissance, une configuration IOS à contrôler, les pièges d'alignement et l'extension d'un plan existant.

Objectifs et prérequis

Cette série approfondit le **VLSM**. Les plages de départ sont plus grandes qu'un /24. Certains blocs dépassent 256 adresses : l'octet significatif passe alors au 3e rang. Faites d'abord la série 1, VLSM : exercices d'entraînement : celle-ci la suppose acquise.

Vous appliquerez la démarche du cours, en deux temps :

- **A. Dimensionner** chaque segment : besoin en adresses → bits hôtes → bits empruntés → préfixe et masque ;
- **B. Placer** chaque bloc, du plus grand au plus petit : première adresse libre, contrôle de l'alignement, puis bornes.

Rappelez-vous la règle d'alignement. Un réseau commence sur un multiple de sa taille de bloc. Dans l'octet significatif, il est **multiple du pas**, et les octets suivants **valent 0**.

> Support autorisé
>
> Gardez sous les yeux la fiche méthode VLSM du chapitre. Vous y trouverez les cinq étapes, le mémo du besoin au préfixe et la grille de vérification en cinq points.

Exercice	Compétence	Durée indicative
1	Construire un plan VLSM dans un /22	20 min
2	Retrouver le segment d'une adresse sur deux octets	15 min
3	Établir un plan avec réserve de croissance	20 min
4	Contrôler une configuration IOS	15 min
5	Éviter les pièges de comptage et d'alignement	15 min
6	Synthèse : ajouter un site distant	25 min
7	Défi (facultatif)	10 min
	Total	**1 h 50** sans le défi

Situation de départ

Vous êtes en alternance chez **Varenne Médical**, un fabricant de matériel de laboratoire. L'entreprise revoit l'adressage de ses sites. Chaque site reçoit une plage privée (RFC 1918) :

Site	Plage reçue
Site de Tours	`172.18.4.0/22`
Site de Poitiers	`10.20.32.0/20`
Laboratoire d'essais	`192.168.70.0/24`

Cette fois, les segments n'ont pas tous la même taille. Chaque segment reçoit **le plus petit bloc qui lui suffit**.

Les conventions de Varenne Médical sont les suivantes :

- chaque LAN compte **une interface de routeur**, sa passerelle ;
- la passerelle prend la **première adresse utilisable** du LAN ;
- chaque liaison entre deux routeurs est un **/30 classique** ;
- les blocs sont placés **par besoin décroissant**. À préfixe égal, le plus gros besoin passe d'abord.

Exercices

Exercice 1 — Un plan VLSM dans un /22 : l'octet significatif au 3e rang

Le site de Tours reçoit `172.18.4.0/22`. Il compte quatre LAN et deux liaisons :

Segment	Contenu
LAN 1	400 PC, derrière le routeur R1
LAN 2	200 PC, derrière R1
LAN 3	100 PC, derrière R1
LAN 4	50 PC, derrière le routeur R2
L1	liaison R1–R2
L2	liaison R2–R3, R3 étant le routeur du cœur de réseau

1.1 — A. Dimensionner. Le parent /22 offre combien de bits hôtes ? Complétez ensuite le tableau.

Segment	Besoin en adresses	h	Bits empruntés	Préfixe	Masque	Taille de bloc
LAN 1						
LAN 2						
LAN 3						
LAN 4						
L1						
L2						

1.2 Pour le LAN 1 et le LAN 2, quel est l'octet significatif du masque ? Donnez le pas. Vérifiez ensuite la taille de bloc par pas × 256, en raisonnant sur le 3e octet.

> **Coup de pouce**
>
> Un /23 a pour masque `255.255.254.0`. L'octet significatif est le 3e : le pas vaut 256 − 254 = 2. Un /23 commence donc sur un 3e octet **pair**, avec un 4e octet à 0. Pour un /24, l'octet significatif est le 4e, de pas 256. Vu depuis le 3e octet, le pas vaut 1 : n'importe quelle valeur convient, pourvu que le 4e octet vaille 0.

1.3 — B. Placer. Complétez le plan, dans l'ordre décroissant. Pour chaque bloc, écrivez le candidat, puis justifiez son alignement.

Segment	Candidat	Aligné ?	Réseau	Utilisables	Diffusion
LAN 1					
LAN 2					
LAN 3					
LAN 4					
L1					
L2					

1.4 Retrouvez en binaire l'adresse réseau et la diffusion du LAN 1. Recopiez et complétez, en plaçant le trait entre partie réseau et bits hôtes dans le 3e octet :

```
LAN 1       3e octet     4e octet    adresse
réseau      ________     ________    172.18.___.___
diffusion   ________     ________    172.18.___.___
```

1.5 Quelles adresses restent libres dans le /22 ? Combien y en a-t-il ? Découpez cet espace en blocs alignés, du plus petit au plus grand.

Exercice 2 — Retrouver le segment d'une adresse sur deux octets

Le technicien de Tours relève des adresses sur le réseau. Il vous demande à quel segment du plan de l'exercice 1 chacune appartient. Vérifiez vos réponses de l'exercice 1 dans le corrigé avant de commencer.

2.1 Pour chaque adresse, donnez le segment. Précisez sa nature : adresse réseau, adresse utilisable, diffusion, ou adresse hors plan (libre).

Adresse	Segment	Nature
`172.18.5.200`		
`172.18.5.255`		
`172.18.6.0`		
`172.18.7.130`		
`172.18.7.210`		

> **i** Coup de pouce
>
> Regardez d'abord le 3e octet. Les valeurs 4 et 5 ne peuvent appartenir qu'au LAN 1, la valeur 6 qu'au LAN 2. Pour la valeur 7, comparez le 4e octet aux bornes des blocs placés dans `172.18.7.0`.

2.2 Pour `172.18.5.200`, faites le ET logique avec le masque du LAN 1 sur le 3e octet. Concluez ensuite par les bits hôtes : tous à 0, tous à 1, ou mélangés ?

2.3 Pour `172.18.7.130`, faites le ET logique avec le masque du LAN 4 sur le 4e octet. Cette adresse peut-elle être donnée à un PC ?

Exercice 3 — Le plan du site de Poitiers, avec réserve de croissance

Le responsable du site de Poitiers vous écrit :

> Bonjour,
>
> Nous disposons de la plage `10.20.32.0/20`. Le plan doit absorber une croissance de 20 % sans renumérotation. Voici nos besoins actuels :
>
> — Wi-Fi invités : 400 appareils ;
> — Production : 300 postes ;
> — Bureaux : 150 postes ;
> — Serveurs : 20 machines ;
> — Administration : 10 postes.
>
> Il faut aussi trois liaisons entre routeurs, L1, L2 et L3. Chaque LAN a sa passerelle sur un routeur.

3.1 — A. Dimensionner. Majorez chaque besoin actuel de 20 %, arrondi à l'entier supérieur. Ajoutez ensuite l'interface du routeur. Complétez :

Segment	Actuel	+ 20 %	+ routeur	h	Préfixe	Masque
Wi-Fi invités	400					
Production	300					
Bureaux	150					
Serveurs	20					
Administration	10					
L1, L2, L3	—	—				

3.2 Triez les segments. Deux LAN ont le même préfixe : lequel placez-vous en premier, selon la convention de Varenne Médical ?

3.3 — B. Placer. Complétez le plan. Justifiez l'alignement de chaque bloc.

Segment	Réseau	Passerelle	Utilisables	Diffusion
Wi-Fi invités				
Production				
Bureaux				
Serveurs				
Administration				
L1		—		
L2		—		
L3		—		

3.4 Le serveur DHCP distribue aux Bureaux toutes les adresses utilisables, sauf la passerelle. Donnez la plage DHCP. Combien d'adresses contient-elle ? Couvre-t-elle le besoin majoré ?

3.5 Quelle est la première adresse libre après le plan ? Quelle est la dernière adresse du /20 ? Combien d'adresses restent libres ?

Exercice 4 — Contrôler une configuration IOS

Revenez au site de Tours de l'exercice 1. Le routeur **R1** dessert trois LAN par un seul lien vers le commutateur : c'est un **routeur sur un bâton**.

- Son interface GigabitEthernet0/0 porte trois sous-interfaces 802.1Q : le VLAN 10 pour le LAN 1, le VLAN 20 pour le LAN 2, le VLAN 30 pour le LAN 3.
- Son interface GigabitEthernet0/1 rejoint R2 par la liaison L1. R1 prend la première adresse utilisable de L1.
- R1 sert de serveur DHCP pour le LAN 1 et le LAN 2. Le LAN 3 est adressé à la main.

Un stagiaire a préparé le **projet de configuration** ci-dessous. Rien n'est encore saisi dans le routeur : votre rôle est de contrôler ce projet avant sa saisie.

Plateforme : Cisco Packet Tracer, routeur 2911, Cisco IOS. Extrait du projet, limité à l'adressage :

```
! Plateforme : Cisco Packet Tracer, routeur 2911 (R1), Cisco IOS
interface GigabitEthernet0/0
 no shutdown
!
interface GigabitEthernet0/0.10
 encapsulation dot1Q 10
 ip address 172.18.4.1 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0.20
 encapsulation dot1Q 20
 ip address 172.18.6.1 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0.30
 encapsulation dot1Q 30
 ip address 172.18.7.127 255.255.255.128
!
interface GigabitEthernet0/1
 ip address 172.18.7.193 255.255.255.0
 no shutdown
!
ip dhcp excluded-address 172.18.4.1
ip dhcp excluded-address 172.18.6.1
!
ip dhcp pool LAN1
 network 172.18.4.0 255.255.255.0
 default-router 172.18.4.1
!
ip dhcp pool LAN2
```

```
network 172.18.6.0 255.255.255.0
default-router 172.18.6.1
```

Le projet contient **exactement quatre erreurs d'adressage**. Travaillez sur papier, à partir du plan de l'exercice 1.

4.1 Pour chaque ligne qui contient une adresse et un masque, comparez-la au plan. Complétez :

Ligne	Adresse	Masque	Attendu d'après le plan	Conforme ?
G0/0.10	`172.18.4.1`	`255.255.255.0`		
G0/0.20	`172.18.6.1`	`255.255.255.0`		
G0/0.30	`172.18.7.127`	`255.255.255.128`		
G0/1	`172.18.7.193`	`255.255.255.0`		
pool LAN1	`172.18.4.0`	`255.255.255.0`		
pool LAN2	`172.18.6.0`	`255.255.255.0`		

4.2 Pour chaque erreur, nommez-la et expliquez-la en une phrase.

4.3 Réécrivez le projet complet, corrigé, dans un bloc de texte.

4.4 Quelle adresse et quel masque doit porter R2 sur la liaison L1 ?

> **i** Coup de pouce
>
> Écrivez d'abord, pour chaque segment, le masque pointé qui correspond à son préfixe. Un /23 ne s'écrit pas `255.255.255.0`. Contrôlez ensuite chaque adresse d'interface : ni réseau, ni diffusion, et la passerelle prévue.

Exercice 5 — Les pièges de comptage et d'alignement

Pour chaque affirmation d'un camarade, dites si elle est juste. Justifiez par un calcul.

5.1 « Un LAN de 254 PC tient dans un /24, puisqu'un /24 offre 254 adresses utilisables. »

5.2 « Une liaison relie R1 à R2, mais R2 est déjà compté ailleurs. Je compte donc 1 adresse, et un bloc de 2 adresses suffit : un /31. »

5.3 Dans le plan de l'exercice 1, la liaison L2 finit en `172.18.7.199`. « J'ajoute un LAN de 20 PC : un /27 commence en `172.18.7.200`. »

5.4 « Je peux placer un /22 en `172.18.6.0`. »

5.5 Au laboratoire d'essais, la plage est `192.168.70.0/24`. Le camarade place d'abord un LAN de 25 PC, puis un LAN de 120 PC. « Le /27 va en `.0`. Le /25 commence juste après, en `.32`. »

Pour 5.5, donnez le bon placement du /25 dans cet ordre. Quel espace reste inutilisé entre les deux blocs ? Peut-on le récupérer ? Comparez enfin avec le placement par ordre décroissant.

Exercice 6 — Synthèse : ajouter un site distant dans un plan existant

Cet exercice reprend toute la démarche, comme un sujet d'examen. Lisez l'ensemble avant de commencer. Vérifiez vos réponses de l'exercice 3 dans le corrigé.

Varenne Médical ouvre une petite agence, rattachée au site de Poitiers. Ses adresses sont prises dans l'espace libre de `10.20.32.0/20`, à la suite du plan de l'exercice 3. L'agence comprend :

- un LAN de 60 PC ;
- un LAN de 25 PC ;
- une liaison WAN entre le routeur de Poitiers et le routeur de l'agence.

Les deux LAN ont leur passerelle sur le routeur de l'agence. Ces besoins sont fermes : dimensionnez-les **sans** réserve de croissance.

6.1 — A. Dimensionner. Donnez le besoin, h, le préfixe et le masque de chaque segment.

6.2 La première adresse libre du plan de l'exercice 3 est `10.20.37.60`. Pour quelles tailles de bloc est-elle alignée ? Justifiez.

6.3 Un collègue applique l'ordre décroissant sans réfléchir : /26, puis /27, puis /30. Donnez son plan. Quel espace laisse-t-il inutilisé ?

6.4 — B. Placer. Proposez un plan qui ne laisse aucun trou. Complétez :

Segment	Réseau	Passerelle	Utilisables	Diffusion
WAN		—		
LAN 60 PC				
LAN 25 PC				

Pour le WAN, le routeur de Poitiers prend la première adresse utilisable.

6.5 Vérifiez votre plan avec la grille en cinq points de la fiche méthode.

6.6 Quelle est maintenant la première adresse libre du /20 ?

Exercice 7 — Défi (facultatif)

Le groupe se demande si le /20 de Poitiers n'est pas surdimensionné.

7.1 Additionnez les tailles de bloc du plan de l'exercice 3. Quel est le plus petit bloc parent dont le total suffit ? Donnez son adresse réseau et vérifiez son alignement.

7.2 Même question en ajoutant l'agence de l'exercice 6.

7.3 Rappelez à quelles conditions la comparaison du total à la taille du parent suffit pour conclure.

Corrigé

Exercice 1

1.1 — A. Dimensionner. Un /22 a $32 - 22 =$ **10 bits hôtes**. Chaque LAN compte une interface de routeur. Une liaison demande 2 adresses.

Segment	Besoin en adresses	h	Bits empruntés	Préfixe	Masque	Taille de bloc
LAN 1	400 + 1 = 401	9	1	/23	`255.255.254.0`	512
LAN 2	200 + 1 = 201	8	2	/24	`255.255.255.0`	256
LAN 3	100 + 1 = 101	7	3	/25	`255.255.255.128`	128
LAN 4	50 + 1 = 51	6	4	/26	`255.255.255.192`	64
L1	2	2	8	/30	`255.255.255.252`	4
L2	2	2	8	/30	`255.255.255.252`	4

Exemple pour le LAN 1 : h = 8 donne $2^8 - 2 = 254$, trop peu. h = 9 donne $2^9 - 2 = 510$, suffisant. Bits empruntés : $10 - 9 = 1$. Préfixe : $32 - 9 =$ /23.

1.2 Pour le LAN 1 (/23), l'octet significatif est le **3e** : 254. Le pas vaut $256 - 254 =$ **2**. Contrôle : $2 \times 256 = 512 = 2^9$.

Pour le LAN 2 (/24), le masque vaut `255.255.255.0`. L'octet significatif est le **4e** : 0. Le pas vaut $256 - 0 =$ **256** : il est égal à la taille de bloc, $2^8 = 256$. Pour le contrôle par pas × 256, on raisonne sur le 3e octet : 255, soit un pas de $256 - 255 = 1$. Contrôle : $1 \times 256 = 256$.

1.3 — B. Placer. Le premier bloc part de l'adresse réseau du parent. Chaque candidat vaut la diffusion précédente + 1.

Segment	Candidat	Aligné ?	Réseau	Utilisables	Diffusion
LAN 1	`172.18.4.0` (parent)	$4 = 2 \times 2$, 4e octet à 0	`172.18.4.0/23`	`172.18.4.1` à `172.18.5.254`	`172.18.5.255`
LAN 2	`172.18.6.0`	pas de 1 au 3e rang, 4e octet à 0	`172.18.6.0/24`	`172.18.6.1` à `172.18.6.254`	`172.18.6.255`
LAN 3	`172.18.7.0`	$0 = 0 \times 128$	`172.18.7.0/25`	`172.18.7.1` à `172.18.7.126`	`172.18.7.127`

Segment	Candidat	Aligné ?	Réseau	Utilisables	Diffusion
LAN 4	`172.18.7.128`	$128 = 2 \times 64$	`172.18.7.128/26`	`172.18.7.129` à `172.18.7.190`	`172.18.7.191`
L1	`172.18.7.192`	$192 = 48 \times 4$	`172.18.7.192/30`	`.193` à `.194`	`.195`
L2	`172.18.7.196`	$196 = 49 \times 4$	`172.18.7.196/30`	`.197` à `.198`	`.199`

Les blocs sont placés par taille décroissante, à la suite, sans trou, depuis l'adresse réseau du parent. Chaque candidat tombe donc aligné, comme prévu par le cours. Le contrôle le confirme.

Le /23 exige un 3e octet pair : 4 convient, 5 ne conviendrait pas. Le /24 exige seulement un 4e octet à 0 : `172.18.6.0` convient.

1.4 Le masque /23 laisse 1 bit hôte dans le 3e octet et 8 dans le 4e.

```
LAN 1       3e octet          4e octet         adresse
réseau      0000010|0  = 4    00000000 =   0   172.18.4.0
diffusion   0000010|1  = 5    11111111 = 255   172.18.5.255
```

Les 9 bits hôtes sont tous à 0 pour le réseau, tous à 1 pour la diffusion.

1.5 Le plan finit en `172.18.7.199`. Le /22 finit en `172.18.7.255`. Il reste de `172.18.7.200` à `172.18.7.255`, soit $255 - 200 + 1 =$ **56 adresses**. Ces 56 adresses se découpent en trois blocs alignés :

- `172.18.7.200/29` : 8 adresses, $200 = 25 \times 8$;
- `172.18.7.208/28` : 16 adresses, $208 = 13 \times 16$;
- `172.18.7.224/27` : 32 adresses, $224 = 7 \times 32$.

Contrôle : $8 + 16 + 32 = 56$.

Exercice 2

2.1

Adresse	Segment	Nature
`172.18.5.200`	LAN 1, `172.18.4.0/23`	utilisable
`172.18.5.255`	LAN 1, `172.18.4.0/23`	diffusion
`172.18.6.0`	LAN 2, `172.18.6.0/24`	adresse réseau
`172.18.7.130`	LAN 4, `172.18.7.128/26`	utilisable
`172.18.7.210`	aucun : hors plan	libre, dans `172.18.7.208/28`

Pour `172.18.6.0` : le masque du LAN 1 donne 6 ET 254 = 6, et non 4. Elle n'est donc pas dans le LAN 1. Le 3e octet 6 désigne le LAN 2. Son 4e octet, entièrement fait de bits hôtes, vaut 0 : c'est l'adresse réseau.

Pour `172.18.7.210` : le dernier bloc placé finit en `.199`. Toute adresse de `.200` à `.255` est libre.

2.2 ET logique sur le 3e octet, masque /23 :

```
5       = 0000010|1
masque  = 1111111|0   (/23 : 254)
ET      = 0000010|0  = 4    ->  réseau 172.18.4.0, le LAN 1
```

Les bits hôtes sont le dernier bit du 3e octet et tout le 4e :

```
172.18.5.200   3e octet 0000010|1   4e octet 11001000   mélangés : utilisable
```

L'adresse est dans le LAN 1 et elle est utilisable. Un 4e octet de 200 ne dit rien à lui seul : il faut regarder les 9 bits hôtes.

2.3 ET logique sur le 4e octet, masque /26 :

```
130     = 10|000010
masque  = 11|000000   (/26 : 192)
ET      = 10|000000  = 128   ->  réseau 172.18.7.128, le LAN 4
```

Les bits hôtes `000010` ne sont ni tous à 0, ni tous à 1. L'adresse est utilisable : elle est entre `.129` et `.190`. Selon la convention, `.129` est la passerelle. Un PC peut recevoir `.130` si personne d'autre ne l'utilise.

Exercice 3

3.1 — A. Dimensionner. Tous les besoins majorés tombent juste : 400 × 1,2 = 480, par exemple. L'arrondi ne change donc rien ici.

Segment	Actuel	+ 20 %	+ routeur	h	Préfixe	Masque
Wi-Fi invités	400	480	481	9	/23	`255.255.254.0`
Production	300	360	361	9	/23	`255.255.254.0`
Bureaux	150	180	181	8	/24	`255.255.255.0`
Serveurs	20	24	25	5	/27	`255.255.255.224`
Administration	10	12	13	4	/28	`255.255.255.240`
L1, L2, L3	—	—	2	2	/30	`255.255.255.252`

Exemple pour la production : h = 8 donne 254, trop peu pour 361. h = 9 donne 510, suffisant.

3.2 Ordre : Wi-Fi, Production, Bureaux, Serveurs, Administration, L1, L2, L3. Le Wi-Fi et la Production sont deux /23. Selon la convention, le plus gros besoin passe d'abord : le **Wi-Fi** (481 contre 361). Pour l'alignement, cet ordre ne change rien : les deux blocs ont la même taille.

3.3 — B. Placer. Toutes les adresses commencent par `10.20` : le tableau ne donne que les deux derniers octets après le réseau.

Segment	Réseau	Passerelle	Utilisables	Diffusion
Wi-Fi invités	`10.20.32.0/23`	`.32.1`	`.32.1` à `.33.254`	`.33.255`
Production	`10.20.34.0/23`	`.34.1`	`.34.1` à `.35.254`	`.35.255`
Bureaux	`10.20.36.0/24`	`.36.1`	`.36.1` à `.36.254`	`.36.255`
Serveurs	`10.20.37.0/27`	`.37.1`	`.37.1` à `.37.30`	`.37.31`
Administration	`10.20.37.32/28`	`.37.33`	`.37.33` à `.37.46`	`.37.47`
L1	`10.20.37.48/30`	—	`.37.49` à `.37.50`	`.37.51`
L2	`10.20.37.52/30`	—	`.37.53` à `.37.54`	`.37.55`
L3	`10.20.37.56/30`	—	`.37.57` à `.37.58`	`.37.59`

Contrôles d'alignement :

- Wi-Fi : 32 = 16 × 2, 3e octet pair, 4e octet à 0 ;
- Production : 34 = 17 × 2, 4e octet à 0 ;
- Bureaux : pas de 1 au 3e rang, 4e octet à 0 ;
- Serveurs : 0 = 0 × 32 ;
- Administration : 32 = 2 × 16 ;
- L1, L2, L3 : 48 = 12 × 4, 52 = 13 × 4, 56 = 14 × 4.

Exemple de diffusion, pour la production, sur deux octets :

```
Production   3e octet          4e octet
réseau       0010001|0  = 34   00000000 =   0   10.20.34.0
diffusion    0010001|1  = 35   11111111 = 255   10.20.35.255
```

3.4 La passerelle des Bureaux est `10.20.36.1`. La plage DHCP va de **`10.20.36.2` à `10.20.36.254`**. Elle contient 254 − 2 + 1 = **253 adresses**. Le besoin majoré est de 180 postes : il est couvert.

3.5 La première adresse libre est la diffusion de L3 + 1 : **`10.20.37.60`**. La dernière adresse du /20 est **`10.20.47.255`**, car le /20 a un pas de 16 au 3e rang : 32 + 16 − 1 = 47.

Adresses libres : de `10.20.37.60` à `10.20.47.255`. On compte 196 adresses dans `10.20.37.x` (60 à 255), puis 10 × 256 = 2 560 adresses de `10.20.38.0` à `10.20.47.255`. Total : **2 756 adresses**. Contrôle : 4 096 − 1 340 = 2 756, où 1 340 est la somme des blocs du plan.

Exercice 4

D'après le plan, les masques attendus sont : LAN 1 `255.255.254.0`, LAN 2 `255.255.255.0`, LAN 3 `255.255.255.128`, L1 `255.255.255.252`. Les passerelles sont `172.18.4.1`, `172.18.6.1` et `172.18.7.1`. R1 prend `172.18.7.193` sur L1.

4.1

Ligne	Adresse	Masque	Attendu d'après le plan	Conforme ?
G0/0.10	`172.18.4.1`	`255.255.255.0`	`172.18.4.1` `255.255.254.0`	non
G0/0.20	`172.18.6.1`	`255.255.255.0`	`172.18.6.1` `255.255.255.0`	oui
G0/0.30	`172.18.7.127`	`255.255.255.128`	`172.18.7.1` `255.255.255.128`	non
G0/1	`172.18.7.193`	`255.255.255.0`	`172.18.7.193` `255.255.255.252`	non
pool LAN1	`172.18.4.0`	`255.255.255.0`	`172.18.4.0` `255.255.254.0`	non
pool LAN2	`172.18.6.0`	`255.255.255.0`	`172.18.6.0` `255.255.255.0`	oui

Les lignes `excluded-address` et `default-router` sont conformes : elles désignent bien les passerelles du LAN 1 et du LAN 2.

4.2 Les quatre erreurs :

- **G0/0.10 : préfixe trop long, donc bloc trop petit.** Le LAN 1 est un /23, de masque `255.255.254.0`, soit 512 adresses. `255.255.255.0` est un /24 : 256 adresses seulement. Avec ce masque, R1 croirait que le LAN 1 s'arrête en `172.18.4.255`. Les PC de `172.18.5.0` à `172.18.5.254` seraient hors de son réseau.
- **G0/0.30 : adresse de diffusion attribuée.** `127 = 0|1111111` : les 7 bits hôtes sont tous à 1. C'est la diffusion du LAN 3. Selon la convention, la passerelle est `172.18.7.1`.
- **G0/1 : masque de LAN sur une liaison.** Avec `255.255.255.0`, le réseau de cette interface serait `172.18.7.0/24`. Il recouvrirait le LAN 3, le LAN 4 et la liaison L2. Une liaison prend un /30 : `255.255.255.252`.
- **pool LAN1 : préfixe trop long, donc pool trop petit.** Le pool ne couvrirait que `172.18.4.0/24`. Il distribuerait au mieux `172.18.4.2` à `172.18.4.254`, soit 253 adresses pour 400 PC. Il donnerait aussi le mauvais masque aux postes.

Ce contrôle se fait sur papier, avant toute saisie. Le routeur ne connaît pas votre plan : seule la comparaison avec le plan garantit un adressage juste.

4.3 Projet corrigé, pour la même plateforme :

```
! Plateforme : Cisco Packet Tracer, routeur 2911 (R1), Cisco IOS
interface GigabitEthernet0/0
 no shutdown
!
interface GigabitEthernet0/0.10
 encapsulation dot1Q 10
 ip address 172.18.4.1 255.255.254.0
!
interface GigabitEthernet0/0.20
 encapsulation dot1Q 20
 ip address 172.18.6.1 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0.30
```

```
 encapsulation dot1Q 30
 ip address 172.18.7.1 255.255.255.128
!
interface GigabitEthernet0/1
 ip address 172.18.7.193 255.255.255.252
 no shutdown
!
ip dhcp excluded-address 172.18.4.1
ip dhcp excluded-address 172.18.6.1
!
ip dhcp pool LAN1
 network 172.18.4.0 255.255.254.0
 default-router 172.18.4.1
!
ip dhcp pool LAN2
 network 172.18.6.0 255.255.255.0
 default-router 172.18.6.1
```

4.4 L1 est `172.18.7.192/30`. Ses deux adresses utilisables sont `.193` et `.194`. R1 a `.193` : R2 prend **`172.18.7.194`**, avec le masque **`255.255.255.252`**.

Exercice 5

5.1 Faux. 254 PC + 1 interface de routeur = **255 adresses**. h = 8 donne $2^8 - 2 = 254$: il manque une adresse. Il faut h = 9, soit un **/23**, de 510 adresses utilisables. Le piège : oublier l'interface du routeur avant l'étape 2.

5.2 Faux, pour deux raisons.

- Une liaison relie **deux interfaces**, une sur chaque routeur. Chacune a son adresse dans le réseau de la liaison : le besoin est de **2 adresses**.
- Dans la convention classique, un bloc perd 2 adresses : réseau et diffusion. Il faut $2^h - 2 \quad 2$, donc h = 2 : un **/30** de 4 adresses.

Le /31 existe pour les liaisons point à point (RFC 3021). Mais la convention de Varenne Médical, comme celle du cours, reste le /30 classique.

5.3 Faux. Un /27 avance par 32. Or 200 / 32 = 6,25 : `.200` n'est pas un multiple de 32. Le multiple suivant est 7 × 32 = **224**. Le /27 va en `172.18.7.224/27`, de `.225` à `.254` utilisables, diffusion `.255`. Les adresses `.200` à `.223` restent libres pour un /29 et un /28.

5.4 Faux. Un /22 a un pas de 4 au 3e rang. Or 6 n'est pas un multiple de 4. Avec le masque /22, 6 ET 252 = 4 : `172.18.6.0` appartient à `172.18.4.0/22`, qui couvre `172.18.4.0` à `172.18.7.255`. Un /22 ne peut commencer qu'en 0, 4, 8, 12… dans le 3e octet.

5.5 Faux. Le LAN de 25 PC demande 26 adresses : un /27. Le LAN de 120 PC demande 121 adresses : un /25, de pas 128.

- Le /27 occupe `192.168.70.0` à `.31`. Le candidat suivant est `.32`.
- 32 n'est pas un multiple de 128. Avec le masque /25, 32 ET 128 = 0 : le bloc deviendrait `192.168.70.0/25` et recouvrirait le /27.
- Le /25 va donc au multiple suivant : **`192.168.70.128/25`**, utilisables `.129` à `.254`, diffusion `.255`.

Un **trou** apparaît de `.32` à `.127`, soit 96 adresses. Il se récupère en deux blocs alignés : un /27 en `192.168.70.32` (32 = 1 × 32) et un /26 en `192.168.70.64` (64 = 1 × 64).

Par ordre décroissant, le /25 va en `.0` et le /27 en `.128`. Les deux blocs sont contigus et chaque candidat tombe aligné. L'espace libre, de `.160` à `.255`, compte aussi 96 adresses. Mais il est rejeté en fin de plage, sans trou au milieu. Et aucun candidat n'a dû être corrigé.

Exercice 6

6.1 — A. Dimensionner.

Segment	Besoin	h	Préfixe	Masque
LAN 60 PC	60 + 1 = 61	6	/26	`255.255.255.192`
LAN 25 PC	25 + 1 = 26	5	/27	`255.255.255.224`

Segment	Besoin	h	Préfixe	Masque
WAN	2	2	/30	255.255.255.252

Pour le LAN de 60 PC : h = 5 donne 30, trop peu ; h = 6 donne 62, suffisant.

6.2 On teste 60 contre chaque taille de bloc :

— 60 = 15 × 4 : aligné pour un **/30** ;
— 60 / 8 = 7,5 : pas aligné pour un /29, donc ni pour un /27 ni pour un /26.

10.20.37.60 n'est alignée que pour un /30. Les nouveaux blocs sont plus grands que les derniers /30 placés : l'ordre décroissant n'est plus respecté, il faut contrôler l'alignement.

6.3 Le collègue place le /26 au premier multiple de 64 après .59 : 10.20.37.64/26, jusqu'à .127. Le /27 suit en 10.20.37.128/27, jusqu'à .159. Le /30 suit en 10.20.37.160/30, jusqu'à .163.

Son plan est correct, mais il laisse un **trou** de 10.20.37.60 à 10.20.37.63 : 4 adresses inutilisées entre L3 et le /26.

6.4 — B. Placer. Ce trou de 4 adresses a exactement la taille d'un /30. On y loge le WAN, puis les LAN par ordre décroissant.

Segment	Réseau	Passerelle	Utilisables	Diffusion
WAN	10.20.37.60/30	—	.61 à .62	.63
LAN 60 PC	10.20.37.64/26	.65	.65 à .126	.127
LAN 25 PC	10.20.37.128/27	.129	.129 à .158	.159

Le routeur de Poitiers prend 10.20.37.61 sur le WAN, celui de l'agence 10.20.37.62.

À retenir : un petit bloc peut **boucher un trou** laissé par un plan existant. Quand on complète un plan, cherchez d'abord les espaces libres alignés pour les petits blocs.

6.5 La grille en cinq points, appliquée au plan final :

1. **Chaque masque offre-t-il assez d'adresses utilisables ?** LAN 60 PC : 62 61. LAN 25 PC : 30 26. WAN : 2 2. Les segments de l'exercice 3 ont déjà été vérifiés. Oui.
2. **Chaque bloc est-il aligné ?** .60 = 15 × 4 ; .64 = 1 × 64 ; .128 = 4 × 32. Oui.
3. **Les blocs sont-ils disjoints et contenus dans le parent ?** Le WAN commence après .59, la diffusion de L3. Le LAN 60 PC commence après .63, le LAN 25 PC après .127. Le dernier finit en 10.20.37.159, avant 10.20.47.255. Oui.
4. **Chaque interface a-t-elle une adresse unique ?** Le routeur de l'agence porte .62, .65 et .129, toutes différentes. Chacune est dans le bon réseau, ni réseau ni diffusion. Le routeur de Poitiers porte .61. Oui.
5. **Les passerelles et les routes permettront-elles les communications voulues ?** Les PC ont pour passerelle 10.20.37.65 ou 10.20.37.129. Le routeur de Poitiers doit connaître les deux LAN de l'agence, par 10.20.37.62. Le routeur de l'agence doit joindre le reste du site, par 10.20.37.61.

Pour le point 5, voici les routes statiques possibles.

Plateforme : Cisco IOS, par exemple un routeur 2911 dans Packet Tracer.

```
! Sur le routeur de Poitiers : les deux LAN de l'agence
ip route 10.20.37.64 255.255.255.192 10.20.37.62
ip route 10.20.37.128 255.255.255.224 10.20.37.62
! Sur le routeur de l'agence : route par défaut vers Poitiers
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.20.37.61
```

Le routage statique fait l'objet de son propre chapitre : retenez ici que chaque réseau du plan doit être joignable.

6.6 La première adresse libre est la diffusion du LAN 25 PC + 1 : 10.20.37.160. C'est l'adresse réseau d'un /27 libre (160 = 5 × 32), suivi d'un /26 libre en 10.20.37.192.

Exercice 7

7.1 Somme des tailles de bloc de l'exercice 3 :

512 + 512 + 256 + 32 + 16 + 4 + 4 + 4 = **1 340 adresses**.

Un /22 contient 1 024 adresses, un /21 en contient 2 048. Or 1 024 < 1 340 2 048. Le plus petit parent qui suffit est donc un **/21**.

Ce /21 part de l'adresse réseau du site : `10.20.32.0/21`. Son pas vaut 8 au 3e rang, et 32 = 4 × 8, avec un 4e octet à 0 : il est aligné. Il couvre `10.20.32.0` à `10.20.39.255`. Le plan de l'exercice 3 finit en `10.20.37.59` : il tient bien dedans.

7.2 L'agence ajoute 64 + 32 + 4 = 100 adresses : 1 340 + 100 = **1 440 adresses**. On a toujours 1 024 < 1 440 2 048 : un **/21** suffit encore. Le plan final finit en `10.20.37.159`, dans `10.20.32.0/21`. Le /20 est donc surdimensionné pour les besoins actuels, mais il laisse une large marge.

7.3 Le total suffit à conclure si trois conditions sont réunies. On part de l'adresse réseau du parent. On place les blocs, tous des puissances de 2, par taille décroissante. Ils se suivent, sans trou. Alors chaque candidat est aligné et les blocs occupent exactement le total.

Le plan de l'exercice 6 ne place pas les nouveaux blocs par ordre décroissant. On vérifie donc aussi par le plan réel : il finit en `10.20.37.159`, bien avant `10.20.39.255`. Si l'on replace les onze blocs par ordre décroissant, ils occupent 1 440 adresses depuis `10.20.32.0`, et tiennent aussi dans le /21.

Synthèse

Les méthodes à retenir

- **A. Dimensionner.** Besoin = PC + interfaces de routeur, réserve de croissance comprise. Plus petit h tel que $2^h - 2$ besoin. Préfixe = 32 − h.
- **Taille de bloc = 2^h. Pas = 256 − octet significatif.** Au 3e rang, la taille de bloc vaut pas × 256.
- **B. Placer.** Candidat = diffusion précédente + 1. Il est aligné si l'octet significatif est un multiple du pas **et** si les octets suivants valent 0.
- **Ordre décroissant** depuis l'adresse réseau du parent, à la suite, sans trou : chaque candidat tombe aligné. Hors de ces conditions, contrôlez.
- **Compléter un plan existant** : cherchez d'abord les trous alignés pour les petits blocs.
- **Liaisons** : 2 adresses, un /30 classique.
- **Vérification** : grille en cinq points avant toute configuration.

Les erreurs fréquentes

Erreur	Le bon réflexe
Oublier l'interface du routeur	Ajoutez-la au besoin avant de chercher h.
Compter 1 adresse pour une liaison	Deux interfaces, donc 2 adresses : un /30.
Prendre diffusion + 1 sans contrôle	Vérifiez que le candidat est un multiple du pas.
Oublier le 4e octet pour un /23 ou un /22	3e octet multiple du pas **et** 4e octet à 0.
Écrire `255.255.255.0` pour tout LAN	Convertissez chaque préfixe en masque pointé, un par un.
Juger une adresse sur son seul 4e octet	Regardez tous les bits hôtes, y compris ceux du 3e octet.
Calculer la croissance après l'arrondi au bloc	Majorez le besoin, ajoutez le routeur, puis cherchez h.

Pour aller plus loin

Question supplémentaire. Le routeur du cœur de réseau, R3, doit joindre tous les réseaux du site de Tours. Faut-il lui donner une route par segment ? Une seule route peut-elle suffire ?

Réponse. Une seule route suffit. Tous les blocs du plan de l'exercice 1 sont contenus dans `172.18.4.0/22`. R3 peut donc les joindre par une seule route vers `172.18.4.0/22`, via R2. On appelle cela un **résumé de routes**, ou agrégation. Un plan VLSM bien construit, avec des blocs contigus dans un parent aligné, rend cette agrégation possible. Le chapitre sur le routage y reviendra.

Sources :

- RFC 4632 — CIDR, qui définit la notation /n et l'agrégation de préfixes.
- RFC 1878 — Variable Length Subnet Table For IPv4, RFC historique, utile comme table des préfixes et de leurs tailles.
- RFC 1918 — adresses privées, dont les plages `10.0.0.0/8`, `172.16.0.0/12` et `192.168.0.0/16` utilisées dans cette série.
- RFC 3021 — préfixes /31 sur les liaisons point à point. Cette série garde, comme le cours, la convention du /30 classique.