

Systèmes de fichiers et fichiers

Dr Mandicou BA

mandicou.ba@esp.sn

<http://www.mandicouba.net>

Diplôme D'Ingénieur de Conception (DIC, 2^e année)

Master Professionnel (1^e année)

Options Informatique - Systèmes Réseaux et Télécommunication



ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

www.esp.sn



Plan du Chapitre

1 Fichiers et implantation

- Supports et fichiers
- Implantation des systèmes de fichiers sur le disque
- Répertoires et liens

2 Exemples de systèmes de fichiers

- Ext2
- NTFS

Sommaire

1 Fichiers et implantation

- Supports et fichiers
- Implantation des systèmes de fichiers sur le disque
- Répertoires et liens

2 Exemples de systèmes de fichiers

La mémoire

Description 1

- *Moyen électrotechnique permettant de stocker l'information*

Les supports

- ☛ Semi-conducteur
 - RAM, flash (clés USB, disques SSD (Solid-State Drives), etc.)
- ☛ Magnétique
 - disque dur, bande magnétique, disquette
- ☛ Optique
 - CD-ROM, DVD-ROM, Blu-ray
- ☛ Papier
 - cartes perforées
- ☛ Hybride
 - disque dur SSHD (SSD + HDD)

Les différents niveaux de stockage

☛ Stockage primaire

- Accessible directement par le CPU (mémoire RAM)

☛ Stockage secondaire

- Passage par des canaux spéciaux pour transfert l'information vers le stockage primaire

☛ Stockage tertiaire

- Utilisation d'un mécanisme robotique pour monter et démonter le support duquel l'information est copiée sur le stockage secondaire

☛ Stockage hors-ligne (ou amovible)

- Informations stockées sur un support que l'utilisateur doit insérer manuellement

Caractéristiques de la mémoire

☞ Volatilité

- Volatile : mémoire perdue lors de la mise hors tension
- Rémanente : conservée lors de la mise hors tension

☞ DRAM vs SRAM (mémoires volatiles) :

- Dynamic Random Access Memory (DRAM) : l'information doit être périodiquement rafraîchie
- Static Random Access Memory (SRAM) : Pas besoin de rafraîchissement

☞ Accès

- Lecture et écriture
- Lecture seule
- Lecture rapide et écriture lente (exemple CD-ROM)

☞ Type d'accès

- Accès aléatoire (RAM) - Accès séquentiel (CD-ROM, DVD)

Les types de mémoire

- ☛ La mémoire vive (RAM pour Random Access Memory)
 - Mémoire modifiable et consultable en tout temps
- ☛ La mémoire morte (ROM pour Read Only Memory)
 - Les informations ne peuvent être modifiées
- ☛ La mémoire de masse
 - Accès plus lent mais quantité de mémoire supérieure
- ☛ La mémoire cache
 - Mémoire de court instant
 - Vise à accélérer les performances matérielles
- ☛ La mémoire flash
 - Peut être effacée intégralement en une seule opération

Fichier logique

- ☞ Vision que l'utilisateur et les programmes ont des données
- ☞ Chaque fichier est déterminé par un nom
- ☞ Ensemble d'opérations possibles
 - Création/destruction : liaison fichier logique/fichier physique
 - Ouverture/fermeture : rupture de la liaison
- ☞ Enregistrement
- ☞ Unité logique de traitement
- ☞ Structure de données compréhensible par le programme
- ☞ Accessible via des fonctions d'accès : lecture et écriture

Les types de fichiers

- ☛ Les **fichiers ordinaires** : contiennent des informations (données, programmes, bibliothèques)
- ☛ Les **répertoires** : fichiers systèmes qui conservent la structure du système de fichiers
- ☛ Les **fichiers spéciaux caractère** :
 - Liés aux entrées/sorties
 - Transfert de données via des périphériques : terminaux, imprimantes et réseau
 - Pas de temporisation (envoi caractère par caractère)
- ☛ Les **fichiers spéciaux bloc**
 - Liés aux entrées/sorties
 - Transfert de données via des périphériques : Disques durs, clés, CD-ROM
 - Utilisation de tampons pour accélérer les transferts

Les fichiers ordinaires

- ☞ Les fichiers textes/ASCII :
 - Contiennent des lignes de texte
 - Possibilité de les lire et de les imprimer directement
- ☞ Les fichiers binaires
 - Suite d'octets incompréhensibles (sauf pour les applications)
- ☞ Le type du fichier
 -
- ☞ Déterminé par une extension (exemple : .exe sous MSDOS)
- ☞ Déterminé par un attribut (sous MAC-OS)
- ☞ Indéfini, seule l'application utilise et reconnaît l'extension

Les attributs de fichier

- ☞ Informations complémentaires concernant un fichier
- ☞ Le nombre attributs varie en fonction du système
- ☞ Quelques exemples
 - Indicateurs sur les possibilités de lecture, écriture et exécution : r, w et x sous Unix
 - Créateur/propriétaire du fichier
 - Fichier ASCII ou binaire
 - L'heure et la date de création

Fichier logique : mode d'accès

👉 Accès séquentiel :

- Traitement des enregistrements les uns après les autres
- « Pointeur » sur l'enregistrement courant
- Lecture : donne l'enregistrement courant et se déplace au suivant
- Écriture : à la fin du fichier
- Accès soit en lecture seule, soit en écriture seule

👉 Accès indexé/aléatoire

- Accès direct à un enregistrement
- Utilisation d'une clé (champ commun à tous les enregistrements)
- Index ou structure d'accès maintenue
- Accès en lecture seule, en écriture seule ou en lecture/écriture

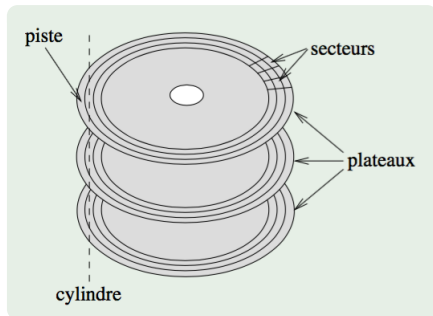
👉 Accès direct/relatif

- Réalisé en spécifiant la position relative de l'enregistrement
- Soit à partir du début, de la fin ou de la position courante

Fichier logique : mode d'accès

- ☞ Entité allouée sur le support
- ☞ Contient les données physiques
- ☞ Problématiques :
 - Comment placer un fichier sur le support (blocs ou non) ?
 - Où placer le fichier ?
 - Comment le retrouver ensuite ?

Structure d'un disque dur



- Plateaux (jusqu'à 20 par disque dur)
- Faces (2 par plateau)
- Pistes (de 10 à plus de 1000 par face)
- Cylindres (1 par piste)
- Secteurs (4 à 32 par piste)

Exemple 1

- *3 plateaux donc 6 faces et 6 têtes de lecture*
- *Normalement 512 octets par secteur (de 32 à 4096 octets)*
- *Premier secteur adressable : cylindre 0, tête 0 et secteur 0*

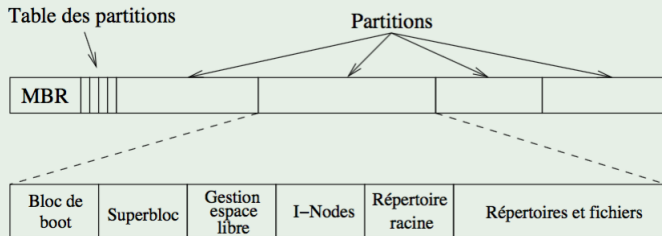
Les blocs

- ☛ Objectif : optimisation des opérations de lecture/écriture
- ☛ Regroupe plusieurs secteurs consécutifs
- ☛ Unité d'échange entre le disque et la mémoire

Les partitions 1/2

- ☛ Le secteur 0 du disque contient le MBR (Master Boot Record)
 - Sert à « booter » la machine
- ☛ A la suite du MBR se trouve la table des partitions :
 - Adresses de début et de fin de chaque partition
- ☛ Dans chaque partition
 - ① Bloc de boot
 - ② *Superbloc* contenant les informations sur le système de fichiers

Les partitions 2/2



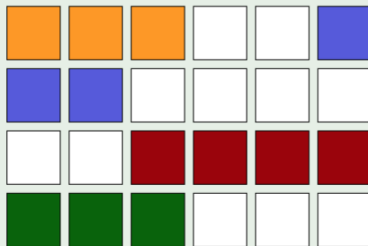
- Au démarrage de la machine :
 - Interrogation du MBR pour obtenir la partition active
 - Lecture du premier bloc de cette partition : le bloc de boot
 - Le programme dans le bloc de boot charge le système

Implantation des fichiers : contiguë

- ☛ Les fichiers sont stockés dans des blocs consécutifs
- ☛ Avantages :
 - Simple à mettre en œuvre
 - Excellentes performances car un seul déplacement au début du fichier
- ☛ Inconvénient :
 - La fragmentation de l'espace libre
- ☛ Système utilisé avec les DVD et CD-Rom.

Illustration

Exemple d'implantation contiguë



Un carré = un bloc ; une couleur = un fichier

- Problème : comment choisir la position d'un fichier ?
- Stratégies : first-fit, next-fit, best-fit, worst-fit

Algorithme First-Fit

- Algorithme de placement pour un fichier :
 - 1 Débuter la recherche depuis le début
 - 2 Avancer jusqu'au prochain segment libre
 - 3 Si la taille du segment n'est pas suffisante, avancer jusqu'au prochain segment libre
 - 4 Sinon, le segment courant est choisi
- L'algorithme est rapide car les recherches sont limitées

Configuration de départ : où charger un fichier de 4 blocs ?



Algorithme First-Fit

- Algorithme de placement pour un fichier :
 - 1 Débuter la recherche depuis le début
 - 2 Avancer jusqu'au prochain segment libre
 - 3 Si la taille du segment n'est pas suffisante, avancer jusqu'au prochain segment libre
 - 4 Sinon, le segment courant est choisi
- L'algorithme est rapide car les recherches sont limitées

Où charger un fichier de 2 blocs ?



Algorithme First-Fit

- Algorithme de placement pour un fichier :
 - 1 Débuter la recherche depuis le début
 - 2 Avancer jusqu'au prochain segment libre
 - 3 Si la taille du segment n'est pas suffisante, avancer jusqu'au prochain segment libre
 - 4 Sinon, le segment courant est choisi
- L'algorithme est rapide car les recherches sont limitées

Résultat :



Algorithme Next-Fit

- Algorithme de placement pour un fichier :
 - ❶ Idem que First-Fit mais la recherche débute à partir de la position trouvée précédemment segment libre

Par simulation, on observe que cette stratégie est plus rapide que le

Où charger un fichier de 2 blocs ?

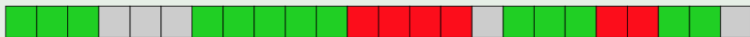


Algorithme Next-Fit

- Algorithme de placement pour un fichier :
 - ① Idem que First-Fit mais la recherche débute à partir de la position trouvée précédemment segment libre

Par simulation, on observe que cette stratégie est plus rapide que le

Résultat :



Algorithme Next-Fit

- Algorithme de placement pour un fichier :
 - ❶ Idem que First-Fit mais la recherche débute à partir de la position trouvée précédemment segment libre

Par simulation, on observe que cette stratégie est plus rapide que le First-Fit

Où charger un fichier de 2 blocs ?



Algorithme Next-Fit

- Algorithme de placement pour un fichier :
 - ① Idem que First-Fit mais la recherche débute à partir de la position trouvée précédemment segment libre

Par simulation, on observe que cette stratégie est plus rapide que le First-Fit

Résultat :



Algorithme Best-Fit

- Le fichier est placé à l'endroit optimal
 - le plus petit emplacement libre possible
- Cette stratégie est plus lente que les deux précédentes
- Tendance à perdre de la place car les emplacements libres sont très petits

Configuration de départ : où charger un fichier de 3 blocs ?



Algorithme Best-Fit

- Le fichier est placé à l'endroit optimal
 - le plus petit emplacement libre possible
- Cette stratégie est plus lente que les deux précédentes
- Tendance à perdre de la place car les emplacements libres sont très petits

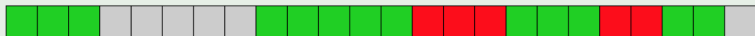
Où charger un fichier de 2 blocs ?



Algorithme Best-Fit

- Le fichier est placé à l'endroit optimal
 - le plus petit emplacement libre possible
- Cette stratégie est plus lente que les deux précédentes
- Tendance à perdre de la place car les emplacements libres sont très petits

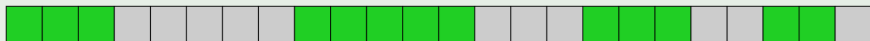
Résultat :



Algorithme Worst-Fit

- Idem que Best-Fit mais on place le fichier dans l'emplacement le plus grand
- Par simulation, on observe que cet algorithme n'est pas performant

Configuration de départ : où charger un fichier de 3 blocs ?



Algorithme Worst-Fit

- Idem que Best-Fit mais on place le fichier dans l'emplacement le plus grand
- Par simulation, on observe que cet algorithme n'est pas performant

Où charger un fichier de 2 blocs ?



Algorithme Worst-Fit

- Idem que Best-Fit mais on place le fichier dans l'emplacement le plus grand
- Par simulation, on observe que cet algorithme n'est pas performant

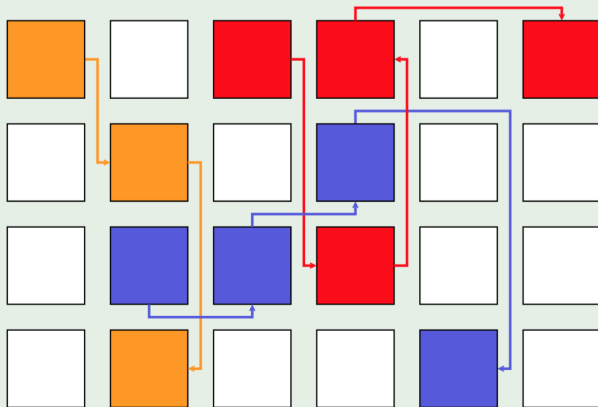
Résultat :



Implantation des fichiers : par liste chaînée

- Chaque fichier est considéré comme une liste chaînée de blocs
- Les blocs des fichiers sont donc repartis sur le disque
- Avantage :
 - Pas de fragmentation de l'espace libre
- Inconvénients :
 - Lecture du fichier plus lente et plus complexe
 - Utilisation d'octets dans chaque bloc pour indiquer le prochain bloc

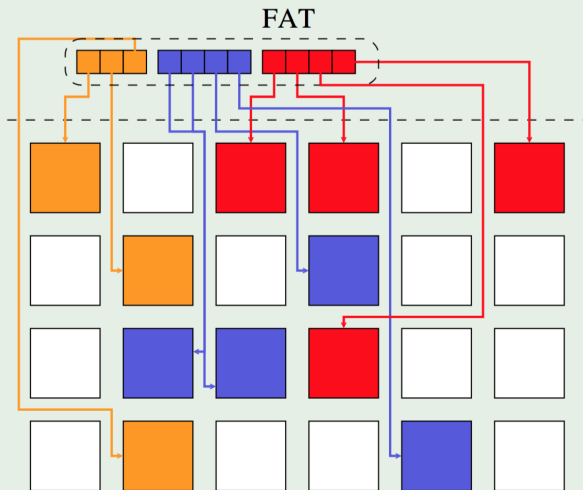
Exemple d'implantation par liste chaînée



Implantation des fichiers : par liste chaînée et FAT

- ☛ Les pointeurs vers les blocs sont stockés dans une table :
 - La FAT (File Allocation Table)
- ☛ La table est complètement mise en mémoire
- ☛ Avantage :
 - Un bloc physique est intégralement disponible pour les données
- ☛ Inconvénients :
 - La place occupée par la table peut être considérable

Exemple d'implantation par liste chaînée



Implantation des fichiers : indexée

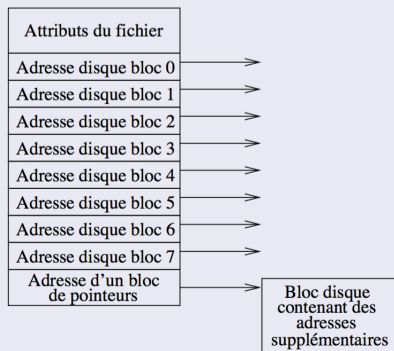
- ☛ A chaque fichier est associé une structure de données appelée **i-node** contenant :

- 1 Les attributs
- 2 Les adresses du disque des blocs du fichier

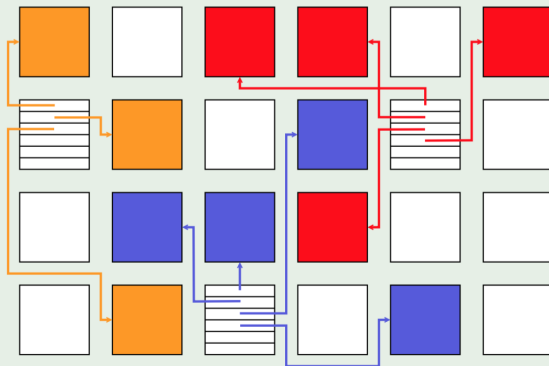
- ☛ Avantage :

- Seuls les i-nodes des fichiers ouverts sont chargés en mémoire

Représentation schématique



Exemple d'implantation indexée



Gestion de l'espace libre : par tableaux/chaîne de bits

- ☛ A chaque bloc correspond un bit dans le tableau / la chaîne
 - 0 si le bloc est libre, 1 sinon
- ☛ Problème : taille du tableau / de la chaîne

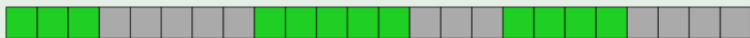


Tableau de bits correspondant :

	1	1	1	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	0	0	0
	1	1	1	1	0	0	0	0

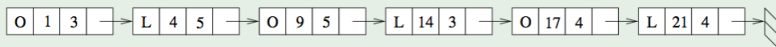
Gestion de l'espace libre : par listes chaînée

- ☛ Le tableau est remplacé par une liste chaînée
- ☛ Chaque entrée de la liste indique :
 - L'état du segment (L pour libre ou O pour occupé)
 - L'adresse à laquelle le segment débute
 - La taille du segment

● Mémoire :



● Liste chaînée :



Les répertoires (1/2)

- ☛ Correspondance fichiers logiques / fichiers physiques
 - Utilisation d'une table appelée répertoire
- ☛ Un répertoire est constitué d'un ensemble d'entrées, chacune correspondant à un fichier
- ☛ Une entrée contient :
 - Le nom du fichier
 - Le type du fichier
 - La localisation physique
 - La taille
 - Le propriétaire
 - Les protections

Les répertoires (2/2)

- ☛ Différents niveaux de répertoires
 - **Systèmes à un seul niveau de répertoire**
 - Un seul répertoire, l'ensemble des fichiers sont dans le répertoire
 - **Systèmes à deux niveaux de répertoires**
 - Un répertoire racine contenant un répertoire par utilisateur
 - Chacun contient les fichiers de l'utilisateur
 - **Systèmes à répertoires hiérarchiques**
 - Arbre de répertoires (arborescence)

Remarque 1

- *La majorité des systèmes d'exploitation actuels utilisent les répertoires hiérarchiques*
- *Attention cependant la taille maximum du chemin absolu*

« Lecture » d'un répertoire

- ☞ Possible d'ouvrir un répertoire en lecture
 - En C, utilisation de **DIR** (au lieu de **FILE** pour un fichier)
- ☞ Permet de parcourir les entrées du répertoires :
 - Possible de faire un parcours récursif

Les Liens

- ☛ Utilisé pour partager des fichiers entre plusieurs utilisateurs
- ☛ Lien physique ou matériel
 - Ajout d'un nouveau nom dans le système de fichier qui pointe vers le même i-node que le nom original
 - Permet d'avoir plusieurs noms pour un même fichier
 - L'i-node contient un compteur de liens (visible grâce à **ls -l**)
- ☛ Lien symbolique
 - Fichier texte qui contient le chemin d'accès et le nom du fichier vers lequel il pointe
 - Le lien est marqué par un type spécial (Sous Linux, ils apparaissent avec un @ à la fin)
 - Associé à un raccourcis

Sommaire

1 Fichiers et implantation

2 Exemples de systèmes de fichiers

- Ext2
- NTFS

Le système de fichiers Ext2

- ☛ Ext2 pour EXtended File System version 2
- ☛ Premier bloc : le boot
- ☛ Ensuite, groupes de blocs contenant chacun :
 - Super bloc : nombre de blocs et i-nodes, taille des blocs, etc.
 - Descripteur de groupe
 - Table des i-nodes
 - Blocs de données
- ☛ Blocs de 512o à 4096o

Les i-nodes

- ☛ Chaque i-nodes fait 128 octets
- ☛ Contient :
 - Nom du fichier, type et droits
 - Heures (dernier accès, dernière modification, etc.)
 - Nombre de liens vers d'autres fichiers
 - Taille du fichier et nombre de blocs alloués
 - Liste de contrôle d'accès (une pour le fichier, une pour le répertoire)
 - Table d'adresses des blocs de données

Table d'adresses

- Adresses sur 4 octets
- 15 entrées
- 12 premières : blocs logiques contenant des données
- 3 dernières : différents niveaux d'indirection

Les i-nodes

Table d'adresses

- Des études montrent que les fichiers sont souvent petits
 - Un i-node peut contenir l'adresse de 12 blocs de données
 - La 13^{eme} entrée contient l'adresse de la première indirection
 - La 14^{eme} la deuxième indirection
 - La 15^{eme} la troisième indirection
- Taille maximale d'un fichier en adressage directe : $12 \times \text{taille Bloc}$
- Si taille supérieure, utilisation d'une indirection
- Première indirection
 - L'adresse d'un bloc qui contient des adresses de blocs de données
- Deuxième indirection
 - Adresse d'un bloc qui contient des adresses de blocs qui contiennent des adresses de blocs de données

La journalisation

Motivations

- ☛ Lors d'un arrêt brutal de la machine, il est possible que la structure de données soit dans un état instable
- ☛ Il est nécessaire d'avoir recours à des outils
 - Exécutés automatiquement au démarrage
- ☛ Les outils vérifient alors toute la structure
 - Coût en temps important
- ☛ Pour éviter ça, une nouvelle structure de données est ajoutée
 - Structure appelée journal
- ☛ Toutes les actions que le système de fichiers s'apprête à faire y sont stockées
- ☛ Lorsqu'un problème survient, il suffit de reprendre le journal

Les évolutions

Ext3

- Propose pour apporter le principe de la journalisation au système de fichier ext2
- Compatibilité entre les 2 systèmes
- Suffisant pour un poste utilisateur, mais pas pour l'utilisation sur des serveurs

Ext4

- Gestion de disques jusqu'à 1024×2^{50} octets
- Allocation contiguë des fichiers pour minimiser la fragmentation
- Compatibilité limitée entre Ext3 et Ext4

NT File System : NTFS

- ☛ Mis au point pour Windows NT
 - Autre traduction : New Technology File System
- ☛ Adresses disques sur 64 bits
- ☛ Noms de fichiers limités à 255 caractères et chemin complet limité à 32767 caractères
- ☛ Utilisation possible de caractères Unicode avec le respect de la casse (mais pas par l'API Win32)
- ☛ Blocs de taille comprise entre 512Ko et 64Ko (généralement 4Ko)
- ☛ Les fichiers/répertoires correspondent à des enregistrements dans une table
 - La MFT

MFT

- ☛ MFT pour Master File Table
- ☛ Chaque fichier et répertoire possède une entrée de 1Ko dans la MFT
 - Vu comme une suite d'attributs
- ☛ Si l'attribut peut être stocké dans la MFT, il est dit résident
 - Date de création, nom du fichier, etc.
- ☛ Les attributs non-résidents stockés ailleurs sur le disque
- ☛ Si le fichier est petit, il est intégralement stocké dans la MFT
- ☛ La MFT est un fichier qui peut croître jusqu'à 2^{48} enregistrements
 - Elle peut être placée n'importe où sur le disque

Fonctionnalités avancées de NTFS

- ☛ Support de la compression de fichiers, de répertoires et de volume :
 - Lecture/écriture par n'importe quelle application sans décompression par un autre programme
- ☛ Algorithme de compression supportant des blocs de 4Ko maximum
- ☛ EFS (Encrypting File System) : NTFS5
 - Permet de protéger l'accès aux fichiers
 - Utilisation de clé de cryptage symétrique + clés publiques

Systèmes de fichiers et fichiers

Dr Mandicou BA

`mandicou.ba@esp.sn`

`http://www.mandicouba.net`

Diplôme D'Ingénieur de Conception (DIC, 2^e année)

Master Professionnel (1^e année)

Options Informatique - Systèmes Réseaux et Télécommunication



ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

www.esp.sn

