A.O. Partie 5 – notions de systèmes d'exploitation (SE) et de réseaux

http://www.phmartin.info/cours/ao/ (→ TDs, QCMs, corrigés, ...)

1. Notions de systèmes d'exploitation
1.1. Définitions
1.2. Modèles en couches
1.3. Couche 1 du SE - le noyau
1.4. Couche 2 du SE - gestion de base de la MP
1.5. Couche 2 du SE - gestion avancée de la MP
1.6. Couche 3 du SE - organisation des entrées-sorties
1.7. Couche 4 du SE - gestion de fichiers

2. Notions de réseaux
2.1. Définitions pour les transmissions
2.2. Types de réseaux d'ordinateurs
2.3. Modèle en couches OSI-ISO
2.4. Exemple de protocole pour la couche liaison

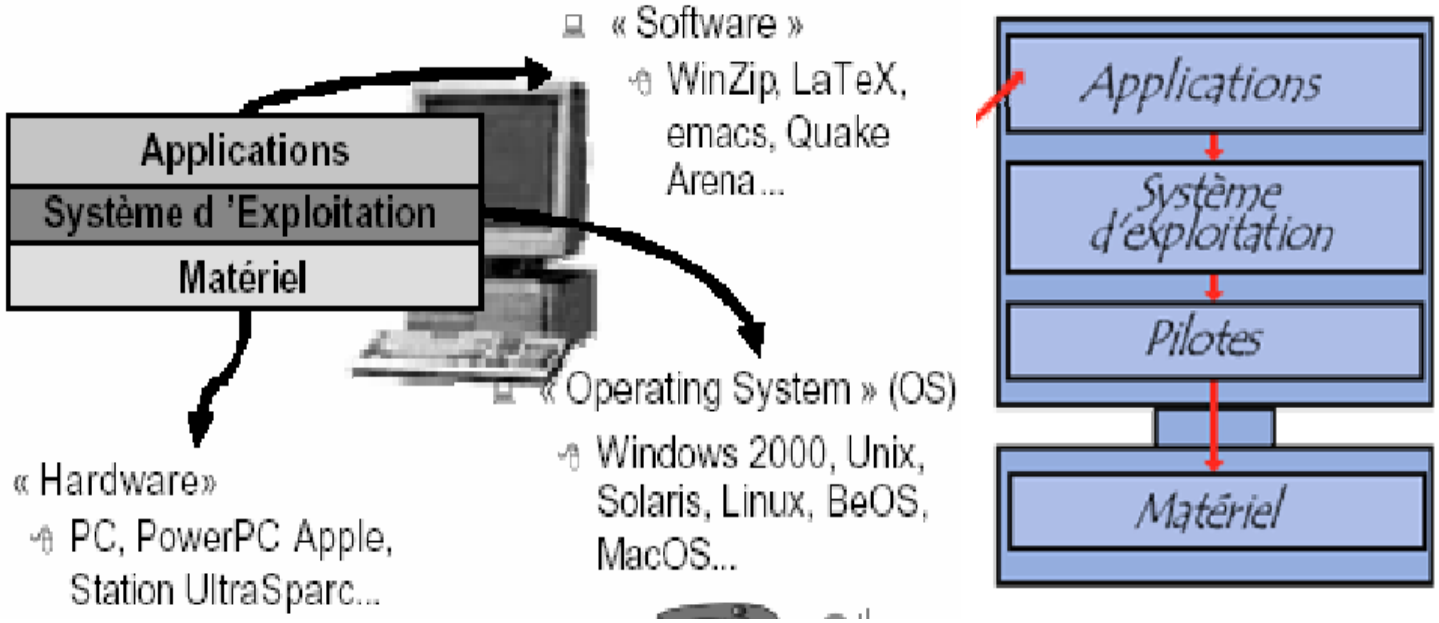
3. TD pour cette partie 5

4. Corrigé pour le TD de la partie 4

5. Corrigé pour le QCM d'entraînement de la partie 4

1.1. Notions de SE - définitions

Système d'exploitation (SE) [operating system (OS)]:
ensemble de programmes effectuant
- et permettant d'effectuer, de paramétrer et de combiner
  (e.g., via des commandes et des langages de commandes) -
des tâches de base de la gestion des ressources matérielles et logicielles d'un ordinateur.
Un SE créé ainsi une "machine virtuelle" qui est plus facile à programmer que la machine réelle et qui est la même quelque soit la machine réelle.



QW *"ao**5**wooclap" sur la page Moodle du cours :*
Un système d'exploitation ...
A) permet d'effectuer, de paramétrer et de combiner des tâches de base de la gestion des ressources matérielles et logicielles de l'ordinateur
B) créé une "machine virtuelle" qui est plus facile à programmer que la machine réelle et qui est la même quelque soit la machine réelle
C) gère la segmentation et la pagination de la M.P.
D) les 3 dernières réponses E) aucune des 4 dernières réponses

1.1. Notions de SE - définitions

Système multiprogrammé: machine+SE où plusieurs programmes sont chargés en mémoire dans le but de partager le CPU.
Lorsque les programmes sont soumis par "lot" [batch] (bloc de plusieurs programmes), un tel système est appelé **moniteur batch à multiple flots**.

Allocateur [dispatcher]: alloue le CPU au programme en tête de la file d'attente établie par le **planificateur** [scheduler] selon les priorités des programmes, leur temps d'exécution déjà alloué, et le nombre de programmes devant être exécutés.
Par exemple, lorsque le programme en cours d'exécution spécifie une entrée-sortie qui peut être effectué par un DMA ou un canal, le CPU est alloué au premier programme en attente.

Système à temps partagé [time-sharing] (alias multi-accés ou multi-utilisateurs): système multiprogrammé où le temps du CPU est distribué par petite tranches égales à différents utilisateurs interactifs, chacun connecté à l'ordinateur via leur terminal.
Pour chaque utilisateur, le "temps de réponse" du CPU (fourniture de résultats, même partiels) doit être inférieur à la seconde (-> système à "parallélisme apparent").
Toutes les versions d'Unix - dont celles de Linux et la première version de Unix en 1972 - sont des systèmes à temps partagé.

Système temps réel: dont le temps de réponse maximal est court, fixé et garanti. Les versions de Unix ne sont pas des systèmes à temps réel.

Système distribué: exploitant les ressources de plusieurs machines connectées par un réseau.

QW "ao5wooclap" sur la page Moodle du cours :
Un "moniteur batch à multiple flots" ...
A) est un système à temps partagé
B) est un système multiprogrammé
C) est un système temps réel
D) les 3 dernières réponses
E) aucune des 4 dernières réponses

1.1. Notions de SE - définitions

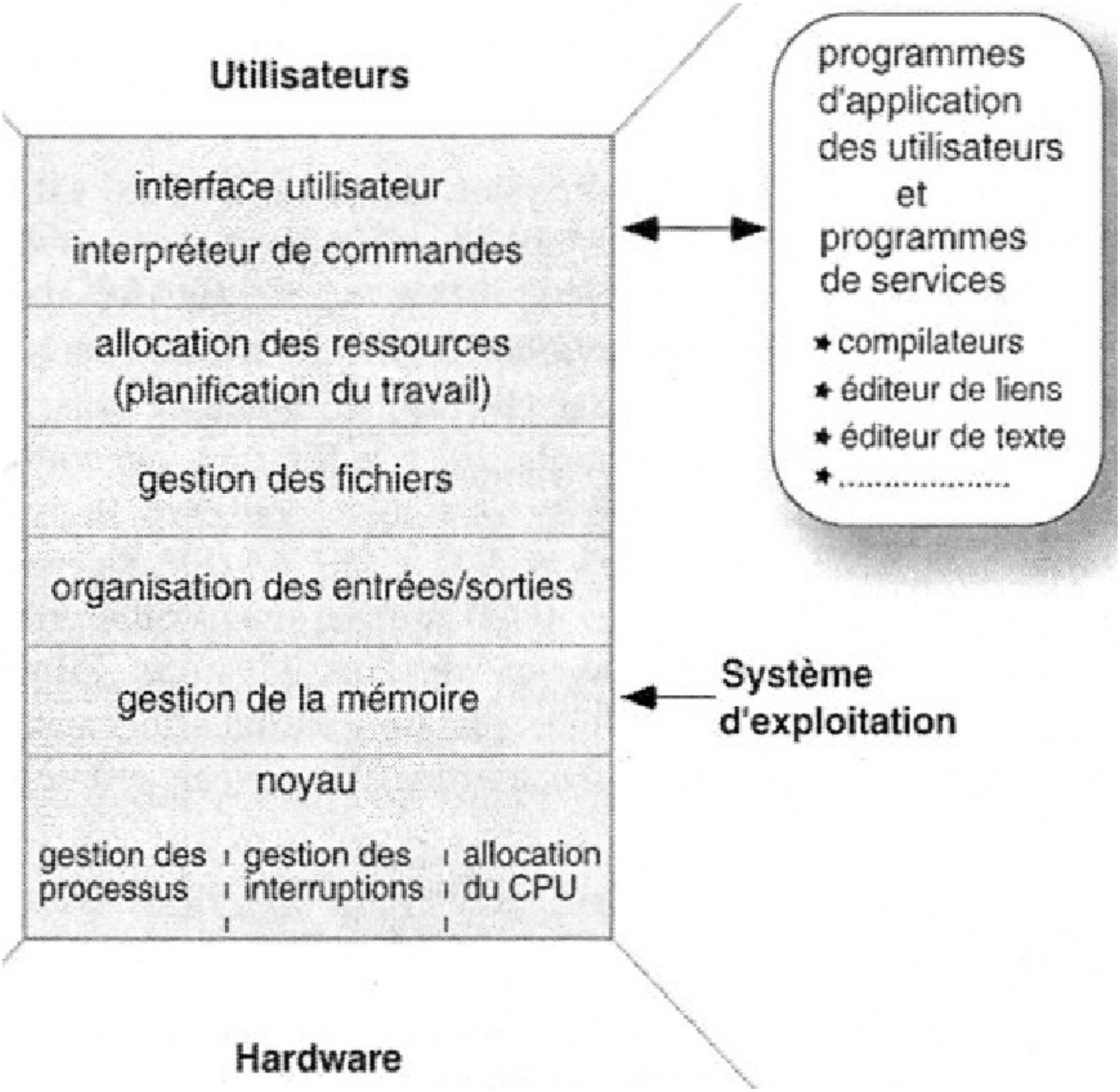
Processus (ou tâche) [process]: exécution d'un programme (i.e. une suite d'instructions) ; un système multiprogrammé est aussi appelé multi-tâches, en particulier si le système est multiprocesseur. Un **processeur** est un agent (cablé ou programmé) exécutant un programme.

Threads (fils|séquences d'exécution d'un processus): un processus n'a qu'un seul thread s'il n'y a pas de parallélisme entre procédures|fonctions de ce processus. Aucun chargement supplémentaire n'est nécessaire pour exécuter un thread (les threads d'un processus partagent une information sur l'état du processus, des zones de mémoires, ainsi que d'autres ressources du processus). Inversement, deux processus sont totalement indépendants et isolés l'un de l'autre, même si l'un est dérivé de l'autre (i.e., est sous-processus de l'autre) : ils ne peuvent interagir qu'à travers une API fournie par le système, telle qu'IPC.

État/mode (d'exécution) "superviseur"(| administrateur): état permettant d'utiliser une "instruction privilégiée" (e.g. la modification des permissions d'un fichier). Son indicateur peut par exemple être un bit du registre d'états.
Seul les programmes du SE peuvent directement changer cet indicateur ou effectuer une requête au "superviseur" pour passer dans ce mode. Les autres programmes peuvent appeler un programme privilégié via un "system call" (et cette exécution leur est accordée ou pas, par exemple en fonction des permissions associées aux fichiers modifiées par ce programme privilégié).
État/mode (d'exécution) "utilisateur": état normal, i.e., non superviseur
-> notions de "processus systèmes" et de "processus utilisateurs".

QW "ao5wooclap" sur la page Moodle du cours :
Un processus
A) contient des instructions
B) peut engendrer des sous-processus
C) est une "tâche"
D) les 3 dernières réponses
E) aucune des 4 dernières réponses

1.2. Notions de SE - modèles en couches



1.3. Couche 1 du SE - le noyau

Noyau [kernel]: la couche la plus basse du SE,
souvent codée en assembleur
et résidant de manière permanente dans la MP.
Il effectue les fonctions suivantes.

1. **Allocation du CPU** via l'**allocateur** [dispatcher] qui alloue le CPU au programme en tête de la file d'attente établie par le **planificateur** [scheduler].

2. **Gestion des interruptions**, comme indiqué dans la section 4.1 de la partie 4 du cours.

3. Gestion/synchronisation des processus/threads pour éviter qu'il accèdent en même temps à une ressource non partageable (fichier, imprimante, ...). Les mécanismes de synchronisation et communication entre processus (ou threads) utilisent des "verrous+algorithmes d'exclusion mutuelle", e.g. :
   - les sémaphores (proposés par Dijkstra en 1965), les queues, et
   - les moniteurs (proposés par Hoare en 1974). *Lire ces 4 pages référées !*

   Sémaphore: valeur entière positive S pouvant être modifiée seulement par les deux opérations primitives (atomiques) suivantes
   - Signal(S) qui incrémente S d'une unité;
   - Wait(S) qui décrémente S d'une unité si S >= n (n étant le nombre de processus pouvant partager la ressource protégée par le sémaphore), et sinon attend que S devienne >= n.

QW "ao5wooclap" sur la page Moodle du cours :
Le noyau d'un système d'exploitation ...
A) gère la segmentation et la pagination de la M.P.
B) gère les interruptions
C) gère les entrées-sorties
D) les 3 dernières réponses
E) aucune des 4 dernières réponses

1.4. Couche 2 du SE - gestion de base de la MP

Partitions de la MP: découpage de la MP en blocs (pas nécessairement de tailles identiques); chacun des blocs est dynamiquement alloué à un processus en cours d'exécution ou en attente d'exécution; un bloc contient le programme du processus et la mémoire que ce processus peut allouer.

Partitions fixes: découpage à la génération du système
-> gaspillage de la MP.

Partitions de taille variable: les partitions sont adaptées à la taille des processus du premier lot chargé en mémoire puis de temps en temps "compactées" pour être mieux adaptées à la taille des processus suivants.

Réallocation (ou translation) dynamique [dynamic translation]: déplacement de processus dans de nouvelles partitions suite à un compactage et donc aussi changement de l'adresse de base de chaque processus -> changement du registre de base utilisé pour le processus en cours d'exécution.

Registre borne d'un processus : registre contenant l'adresse de fin d'une partition de taille variable allouée à ce processus et permet donc entre autres de contrôler que le processus n'écrive pas au-delà de cette mémoire.

Swapping: remplacement en MP de processus par d'autres processus.

Segmentation: utilisation par le SE de différents blocs (segments) pour placer les différents modules de code et de données d'un processus, e.g., un bloc pour une procédure. Pour permettre cela, le SE maintient une "table de segments" pour chaque processus.

Les techniques de réallocation dynamique et de segmentation sont encore utilisées dans les micro-ordinateurs. Depuis le début des années 70, les gros ordinateurs utilisent les techniques de mémoire virtuelle.

1.5. Couche 2 du SE - gestion avancée de la MP

Mémoire virtuelle [virtual memory]: vision de la MP par le programmeur, vision différente de la MP physique.
Par exemple, si les champs adresse ont 32 bits, la mémoire virtuelle utilisable (de manière transparente) par le programmeur est de 4 milliards de mots.
Si la MP physique n'est que de 16 millions de mots (i.e., si elle correspond à des adresses réelles de 24 bits), des mémoires additionnelles doivent être utilisées en complément par le SE via la technique de pagination.
Seul le noyau du SE n'est pas paginé.

Pagination: découpage des deux espaces adresses (e.g., MP et mémoire secondaire, ou encore antémémoire et MP) en pages de tailles identiques (2^n octets), et transfert de pages entre ces deux espaces les pages modifiées en MP sont tôt ou tard recopiées en mémoire secondaire).
Pour chaque processus, seules quelques pages sont chargées en MP.
Elles sont remplacées par d'autres pages suivant les besoins.
Un dispositif spécial à l'entrée de la MP intercepte les adresses virtuelles provenant de l'unité de commande et les remplace par des adresses réelles.

Table des pages: stocke, pour chaque page virtuelle, des informations, e.g.,
- son emplacement en MP (s'il existe),
- un bit pour savoir si le contenu de cette page réelle a été modifiée, et
- des bits pour spécifier le degré de protection de la page en lecture/écriture/exécution.

Les buts et techniques de pagination et segmentation sont similaires (ainsi qu'à l'utilisation de mémoires cache et au remplacement des données dans les blocs des caches) et peuvent être combinées en découpant les segments en pages, donc en combinant "table de segments" et "table de pages".

QW "ao5wooclap" sur la page Moodle du cours :
Les techniques de "segmentation" ...
A) sont similaires et ont les même buts que celles pour la "mémoire virtuelle
B) sont basées sur le découpage en modules, par le programmeur, du code et des données d'un processus
C) exploitent une "table de segments"
D) les 3 dernières réponses
E) aucune des 4 dernières réponses

1.6. Couche 3 du SE - organisation des entrées-sorties

Gestion générique des périphériques par le SE: les traitements liés aux unités périphériques étant trop divers, le SE traite tous les périphériques de la même manière, en utilisant
- des "périphériques virtuels",
- une codification interne standard des caractères,
- une gestion des files d'attente et des priorités, etc.

Gestionnaire d'unité périphérique (pilote) [device handler/driver]: effectue tous les traitements qui n'ont pu être effectués de manière générique par le SE.

Bibliothèque d'entrées-sorties: procédures génériques d'E/S que le programmeur peut utiliser (typiquement, des procédures Read ou Write sur des fichiers car les périphériques peuvent aussi être vus comme des fichiers). Ces procédures effectuent des appels système.

1.7. Couche 4 du SE - gestion de fichiers

Système de fichier [file system]: ensemble organisé de fichiers et de descripteurs de fichiers (noms, composition, permissions en lecture+écriture+exécution, etc.).

Fichier: suite d'enregistrements logiques.

Enregistrement logique [logical record]: groupe de données ayant un sens pour le créateur de l'enregistrement ; ce groupe est typiquement (un objet) instance d'un type ou d'une classe défini par ce créateur. Exemples :

- en Python : jd= Student ("John Doe", ["AO", "Python", "Anglais"])
  avec : Student= Record.create_type("Student", "name", "courses")
  ou bien : tuple_for_jd= ("John Doe", ["AO", "Python", "Anglais"])
- en C/C++ : Student jd= { "John Doe", {"AO", "Python", "Anglais"} };
  avec : struct Student{ String name; String courses[10]; }; //struct/class

Enregistrement physique (bloc): "unité de disque/stockage" (i.e., plus petite région de stockage pouvant être écrite/lue ; la notion analogue en M.P. est le "mot") manipulée par le SE, e.g., un ou plusieurs secteurs de disque.
Il peut y avoir une table de pointeurs sur bloc par unité de disque ou bien, comme dans Unix, par fichier.

Catalogue (alias répertoire) de fichiers:
ensemble (généralement organisé de manière hiérarchique) de descripteurs de fichiers (noms, type, adresse des blocs, bits de protection d'accès en lecture+écriture+exécution, date de création, etc.).

Méthodes d'accès à un fichier: séquentiel, direct (aléatoire), séquentiel indexé.

Méthodes de sauvegarde: e.g.,
- complète (sauvegarde périodique de tous les fichiers) [backup],
- incrémentale (sauvegarde des modifications),
- doublement des fichiers sur disque.

2.1. Notions de réseaux - définitions pour les transmissions

Support physique de voie de transmission: câble, faisceau hertzien, fibre optique, etc.

Transmission **série** (sur un seul fil) ou
transmission **parallèle** (-> problèmes de synchronisation).

Transmission **synchrone**: les bits sont transmis de manière régulière, sans séparation entre caractères -> le récepteur doit posséder une horloge de même fréquence que celle de l'émetteur. La reconnaissance du début et de la fin du message est réalisé par ses séquences particulières de bits.

Transmission **asynchrone**: à l'intérieur d'un caractère, les bits sont transmis de manière régulière, mais les caractères sont transmis de manière irrégulières. Pour synchroniser la transmission de chaque caractère, un premier bit [start-bit] est envoyé avant ce caractère, et un ou deux bits [stop-bit] sont envoyés après ce caractère.

Mode de transmission: **simplex** (unidirectionel, e.g., la radio), **semi-duplex** (bidirectionel mais alternativement), **duplex** (bidirectionel simultané).

(Largeur de) Bande passante (W): bande/intervalle de fréquences correctement transmises, e.g., la bande passante d'une ligne téléphonique traditionnelle est de 3100 Hz car elle transmet correctement les fréquences de 300 à 3400 Hz.

Capacité/vitesse de transmission (C): $C = 2 * W$ (unité de C : le baud, i.e., le nombre de symboles transmis par seconde ; c'est la formule de Nyquist).
De plus, si tout signal peut transmettre n bits,
i.e., si tout signal S a $L=2^n$ valeurs différentes (i.e., a L niveaux), on a aussi
$C = 2 * n * W$ (unité de C : le bps, i.e., bit(s) par seconde ; pas le baud).
S'il y a du bruit parasite (B), on a aussi
$C = W * \log_2(1+S/B)$ (unité de C : le bps ; formule de Shannon).

2.1. Notions de réseaux - définitions pour les transmissions

Transmission analogique (de données numériques ou analogiques) sur une voie analogique: modulation d'un signal simple (onde porteuse) qui, pour la transmission d'informations digitales, est sinusoïdale et périodique; modulation d'amplitude (AM), de fréquence (FM) ou de phase (PM).

Transmission digitale (alias numérique) sur une voie analogique: transmission de bits sous la forme d'impulsions électriques carrées ayant une durée et amplitude précises (impulsion transmise -> bit à 1; non transmise -> bit à 0).

Transmission analogique sur une voie digitale (e.g., une fibre optique): modulation par "impulsion et codage" [Pulse Code Modulation (PCM)], i.e., échantillonnage, transmission en binaire des valeurs d'échantillonnage, et reconstitution du signal analogique à la réception.

Multiplexage: partage d'une voie de transmission par plusieurs transmissions; multiplexage fréquentiel (une partie de la bande passante par transmission) ou multiplexage temporel (un intervalle de temps par transmission).

QW *"ao**5**wooclap" sur la page Moodle du cours :*
Une transmission sur une voie digitale peut s'effectuer ...
A) par modulation d'amplitude B) par modulation de fréquence
C) par modulation de phase D) par impulsion et codage
E) au moins 3 des 4 dernières réponses

Autre exemple de question: Un multiplexage de voies de transmission entre plusieurs transmissions peut s'effectuer sur ...
A) la fréquence B) le temps C) la phase
D) les 3 dernières réponses E) au moins 2 des réponses A, B et C

2.2. Notions de réseaux - types de réseaux d'ordinateurs

- Réseau **étendu** [Wide Area Network (WAN)]:
  avec plusieurs centaines ou milliers de kilomètres entre les nœuds du réseau, e.g., via des lignes téléphoniques; taux d'erreur moyen: 1 bit sur 10^5.
  Réseau **métropolitain** [Metropolitain Area Network (MAN)]: avec plusieurs kilomètres entre les nœuds du réseau, e.g., via des fibres optiques.
  Réseau **local** [Local Area Network (LAN)]: avec au plus plusieurs centaines de mètres entre leurs nœuds, e.g., via des fibres optiques; taux d'erreur moyen: 1 bit sur 10^{12}.

- Réseau **personnel** [Personal Area Network (PAN)]: avec quelques mètres entre leurs noeuds; maintenant souvent des PAN sans fil [Wireless PAN (WPAN)].
  Réseau/transmission **point à point**: transmission à un destinataire unique.
  Réseau/transmission **par diffusion** [broadcasting]: transmission à tous les membres.

- Réseau/transmission par **commutation de circuits** [circuit switching]: via la même ligne (les mêmes nœuds) durant toute la durée de la communication.
  Réseau/transmission par **commutation de messages** [message switching]: possibilité de chemins (routage) différents pour chaque message.
  Réseau/transmission par **commutation de paquets** [packet switching]: utilisation de paquets numérotés au lieu de messages entiers; la taille d'un paquet est d'environ 1500 octets.

2.3. Notions de réseaux - modèle en couches OSI-ISO

Le modèle OSI [Open Systems Interconnection] de communications entre ordinateurs fut proposé par l'ISO [International Organisation for Standardization] à partir de 1975.

Couche **physique** (niveau 1): gère l'émission et la réception de (séquences de) bits suivant les caractéristiques des supports de transmissions, s'ils sont synchrones ou non, et comment ils modulent/démodulent les signaux.

Couche **liaison** de données (niveau 2): structure les communications (séquences de bits) - et essaie de récupérer les erreurs de communications - entre 2 machines directement reliées entre elles par un support physique.

Couche **réseau** (niveau 3): gère l'acheminement des paquets et le contrôle de flux à travers les nœuds (commutation et routage de paquet de données); IP [Internet Protocol] est un protocole de ce niveau.

Couche **transport** (niveau 4): gère les communications de bout en bout entre processus en s'occupant des fonctions non réalisées par les couches inférieures; TCP [Transmission Control Protocol] et UDP [User Datagram Protocol] sont à ce niveau.

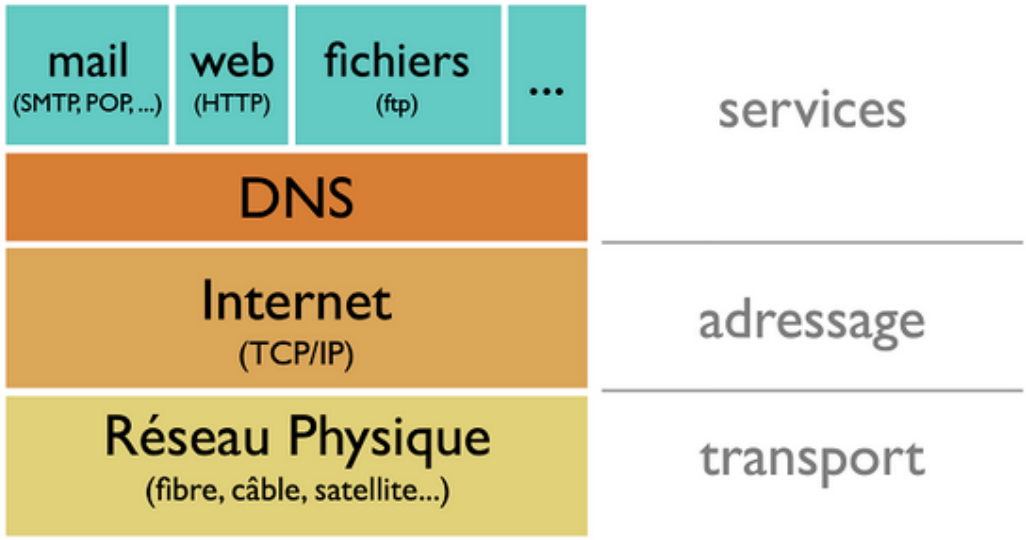
Couche **session** (niveau 5): gère la synchronisation des échanges (simplex, semi-duplex, duplex) et les transactions, et donc connecte 2 processus.

Couche **présentation** (niveau 6): gère la conversion entre les données manipulées au niveau applicatif et les chaînes d'octets effectivement transmises (→ conversion de format, encryptage, compression).

Couche **application** (niveau 7): services d'accès/utilisation des réseaux.

2.4. Notions de réseaux - Internet, Web, ...

Internet ≠ Web



2.4. Notions de réseaux - exemple de protocole pour la couche liaison

Couche **liaison** de données: gère les communications (et les erreurs de communications) entre 2 machines directement reliées entre elles par un support physique.

HDLC [High-Level Data Link Control]: protocole de la couche de liaison définissant un mécanisme pour délimiter des trames (séquences) [frame] de différents types, en ajoutant un contrôle d'erreur.

fanion (délimiteur) de début	**Adresse du destinataire**	**Com-mande**	**Données**	**Frame Check Sequence** (-> détection d'erreur)	**fanion de fin**
01111110	8 bits	8 bits	...	16/32 bits	01111110

Le champ **Commande** indique le type de la trame, i.e., "Données", "trame non numérotée" ou "quittance" (i.e., "bien/mal reçu" suivi d'un numéro de trame). Chaque trame de données est généralement suivie d'une trame de quittance indiquant si les données ont été bien reçues.

Si deux trames se suivent le fanion de fin de la première trame peut aussi servir de fanion de début pour la trame suivante.

QW *"ao**5**wooclap" sur la page Moodle du cours :*
La couche "transport" du modèle OSI de communications entre ordinateurs gère ...

A) l'émission et la réception de bits suivant les caractéristiques des supports de transmissions
B) les communications (et les erreurs de communications) entre 2 machines directement reliées entre elles par un support physique
C) les communications de proche en proche (commutation et routage de paquet de données)
D) les communications de bout en bout entre processus
E) aucune des 4 autres réponses

3. TD pour cette partie 5 du cours d'A.O.

I. Exercices sur la partie "notions de systèmes d'exploitation"

1. Quelles sont les deux fonctions principales d'un système d'exploitation ?
2. Qu'est-ce qu'un processus ?
3. Quelle est la différence entre un enregistrement logique et un enregistrement physique ?
4. Pourquoi les catalogues ne sont-ils pas stockées en permanence en mémoire centrale ?
5. En quoi consiste l'idée de la mémoire virtuelle ?
6. Supposons qu'une adresse en mémoire virtuelle paginée nécessite 20 bits organisés de la façon suivante :

	page	offset
	19...12	11...0

   a) Quelle est la taille de cette mémoire virtuelle, exprimée en nombre de mots et de pages ?
   b) Quelle est l'adresse octale du 970ème mot de la page 213 ?
   Note : le 1er mot étant le mot 0, le 970ème mot est le mot 969.
   c) A quel mot, de quelle page, correspond l'adresse en hexadécimal suivante : ABCDE ? Donner les résultats en décimal.
7. Supposons qu'une adresse en mémoire virtuelle segmentée et paginée nécessite 24 bits organisés de la manière suivante :

segment	page	offset
23...18	17...8	7...0

   a) Quelle est la taille en segments, pages et mots de cette mémoire ?
   b) Quelle est l'adresse octale du 145ème mot de la page 111 du 32ème segment ?
8. Quel mécanisme est utilisé pour convertir les adresses virtuelles en adresses réelles ?
9. A quoi sert la segmentation ?
10. Quelles sont les trois fonctions essentielles du noyau ?
11. Qu'est-ce qu'une instruction privilégiée ?

II. Exercices sur la partie "notions de réseaux"

1. Quelle est la différence entre une transmission synchrone et une transmission asynchrone ?

2. Indiquer si chacune des affirmations suivantes est vraie ou fausse ?
   Dans une transmission asynchrone :
   a) l'intervalle de temps entre 2 caractères est fixe ;
   b) l'intervalle de temps entre 2 bits est fixe ;
   c) l'émetteur et le récepteur doivent être parfaitement synchronisés ;
   d) les bits sont transmis à la cadence d'une horloge-bit ;
   e) le débit est en général supérieur à celui que l'on peut avoir dans une transmission synchrone.

3. Dans le cas d'une transmission asynchrone où un caractère de 8 bits est entouré d'un start-bit, d'un bit de parité et de 2 stop-bits, calculer la vitesse effective de transfert d'informations (en bps) si la ligne a une capacité réelle de a) 300 bps; b) 1200 bps; c) 9600 bps.

4. On considère deux ordinateurs distants de plusieurs kilomètres reliés entre eux par une ligne physique dont la largeur de bande est de 2900 Hz. Les données sont codées/décodées à l'aide de modems pouvant fonctionner jusqu'à 9600 bits par seconde.
   a) En l'absence de bruit sur la ligne, quelle est la vitesse maximale en bps (bits/s) que l'on peut atteindre si la modulation est une modulation d'amplitude à 2 niveaux ?
   b) On considère maintenant que le procédé de modulation utilisé consiste à envoyer sur la ligne des signaux ayant une phase parmi 8 possibles et une amplitude parmi 2 possibles. Calculer le nombre de bits par signal et la vitesse (en bauds) du modem.
   c) Avec les valeurs définies dans la question précédente, quelle est la vitesse de transmission en bps entre les deux ordinateurs si la vitesse des modems n'est plus limitée ?
   d) A quelle valeur minimale approximative du rapport signal/bruit ce modem (à 9600 bps) peut-il fonctionner ?

5. Une ligne physique, de largeur de bande de 2200 Hz, relie deux ordinateurs distants de plusieurs kilomètres. Les données sont codées/décodées à l'aide de modems.
   a) Si le procédé de modulation a 2 niveaux de phase, 2 de fréquence et 2 d'amplitude, calculer la capacité de la ligne en bps puis en bauds.
   b) Donner un procédé de modulation qui, du moins en théorie, permettrait d'atteindre une capacité de transmission de 22000 bps.
   c) Sachant que la capacité maximale de transmission des modems est de 7308 bps, à quelle valeur minimale approximative du rapport signal/bruit ces modems peuvent-ils fonctionner ?

6. On veut communiquer entre deux ordinateurs reliés par une ligne physique dont la largeur de bande est 1600 Hz. Les modems utilisés ont 4 niveaux de phase et 2 niveaux de fréquence. Le protocole de communication utilisé est dérivé du protocole HDLC : les trames ont la forme suivante : fanion | en-tête | données | FCS | fanion (note : il n'y a pas de champs "adresse"). Le fanion est égal à 0111'1110. L'en-tête indique le type de message : il est égal à 0110'1110 pour des données, et il est égal à 0011'0010 pour une quittance (→ "bien/mal reçu"). Les données ont un nombre de bits variable et il n'y en a pas dans le cas d'une quittance (la taille des trames est donc variable). Le FCS, calculé avec un polynôme générateur, comporte 8 bits. Calculer :
   a) la capacité de transmission de la ligne en bauds et en bps;
   b) la durée de transmission pour d'une part l'envoi d'un paquet contenant 8 bits de données et, d'autre part, pour l'envoi de la quittance;
   c) si une erreur de transmission, portant sur un bit, se produit tous les 4 millièmes de seconde, que se passe t-il si l'on envoie le paquet de données défini précédemment ?

7. Indiquer le rôle de chaque couche du modèle de réseau ISO-OSI.

8. On considère une liaison entre 2 ordinateurs. Le protocole de la couche réseau est le protocole HDLC. Chaque fois que l'émetteur envoie une trame de ce type, il évite que les données "simulent" (i.e., "puissent être interprétées comme") un fanion : après 5 bits à 1, il insère un bit 0. Que se passe-t-il si ce bit inséré est transformé en un 1 par une erreur de transmission ?