

# Examen de Systèmes et Réseaux

## Maîtrise d'informatique

Lundi 26 janvier 2004

*Documents et calculatrices non autorisés*

*Durée de l'épreuve : 3h*

---

☞ *Le barème ci-dessous est purement indicatif, il donne la valeur relative des questions et pourra être modifié lors de la correction des copies. Prenez le temps de détailler et de rédiger convenablement vos réponses, préférez la qualité à la quantité ! N'hésitez pas à traiter les questions dans le désordre !*

---

### 1 Conquête spatiale et réseaux

La transmission de données entre la Terre et les différents objets envoyés dans l'espace (sondes, satellites, navettes) nécessite l'emploi de protocoles de communication adaptés. Si, dans les débuts de l'aventure spatiale, un simple protocole de liaison était suffisant, la complexité des interactions actuelles requiert l'utilisation d'une pile complète de protocoles réseaux. Afin de faciliter les collaborations au niveau international, un organisme de normalisation a été mis en place pour définir une pile de protocoles standard : le CCSDS (*Consultative Committee for Space Data Systems*) <http://www.ccsds.org/>.

- Question 1.1** (1 point) Expliquez ce qu'est le modèle OSI. Précisez les différentes couches de cette pile de protocoles ainsi que le rôle des principales couches de ce modèle.
- Question 1.2** (1 point) Le signal numérique est transmis entre la Terre et l'espace en modulation de fréquences. Rappelez ce qu'est cette méthode de codage du signal ainsi que les différents types de modulation élémentaires.
- Question 1.3** (1 point) Le signal auquel on applique la modulation est un signal en bande de base. Rappelez ce qu'est cette méthode de codage du signal ainsi que les différentes méthodes de recodage élémentaires (NRZ, Manchester).
- Question 1.4** (2 point) On distingue deux types de communications spatiales en fonction de la distance des objets à la Terre. L'espace proche concerne les objets distants de moins de  $2 \times 10^6$  km. Quelles sont les deux caractéristiques du signal transmis qui sont négligeables en espace proche mais qui peuvent poser des problèmes en espace lointain ?
- Question 1.5** (1 point) Les données fournies par une couche d'un protocole sont encapsulées dans les données de la couche inférieure. Expliquez le principe de l'encapsulation.
- Question 1.6** (1 point) Le modèle CCSDS distingue différents types de trames. Les trames TC sont utilisées pour transmettre des commandes de la Terre aux objets spatiaux. Les trames TM sont utilisées pour transmettre des données télémétriques (coordonnées, vitesse, mesures diverses) de l'espace vers la Terre. Rappelez la structure générale d'une trame de données pour une transmission sans connexion.
- Question 1.7** (1 point) Les trames TC et TM utilisent un fanion de synchronisation sur 32 bits (1ACFFC1D). Expliquez quel est le but de ce fanion et comment il est utilisé en pratique pour émettre et recevoir des trames.

- Question 1.8** (2 point) L'un des deux formats (TC, TM) utilise des trames de taille fixe, l'autre des trames de longueur variable. Quel format utilise quel type de trames ? Expliquez les avantages et les inconvénients de ces choix.
- Question 1.9** (2 point) L'un des deux formats (TC, TM) assure la transmission des trames sans perte ni duplication, l'autre non. Quel format utilise quel type de trames ? Expliquez les avantages et les inconvénients de ces choix.
- Question 1.10** (1 point) Une façon d'assurer la retransmission des trames perdues ou erronées consiste à utiliser un protocole de type envoyer et attendre. Expliquez le principe de ce protocole.
- Question 1.11** (2 point) Les satellites de télécommunications historiques sont en orbite géostationnaire (à 36000km de la Terre). Un bit met 270ms pour faire l'aller-retour entre la Terre et le satellite. Pour un satellite ayant un débit de 10 Mbit/s dans les deux sens, calculez la taille minimale d'une trame pour une utilisation optimale du canal de communication lors de l'utilisation du protocole envoyer et attendre. Comment doit-on régler la temporisation avant réémission ?
- Question 1.12** (1 point) Reprenez le calcul précédent pour une transmission de données entre la Terre et Mars (on supposera que la distance à parcourir est de 60 millions de kms et que le signal se déplace à la vitesse de la lumière, c'est-à-dire 300000 km/s).
- Question 1.13** (1 point) Calculez le temps nécessaire pour envoyer un paquet (PING) et recevoir une réponse (PONG) entre la Terre et un robot situé sur Mars (on négligera la taille des paquets et la bande passante disponible).
- Question 1.14** (2 point) La couche de protocoles TCP/IP est adaptable au-dessus de n'importe quelle interface réseau. On peut donc utiliser TCP/IP sur des liaisons TC ou TM. Expliquez pourquoi cette hypothèse n'est pas réaliste sur les liaisons en espace lointain (par exemple Terre/Mars). On pourra considérer la gestion des erreurs et la gestion de la congestion de TCP/IP.
- Question 1.15** (1 point) Des liaisons satellites géostationnaires sont utilisées pour transmettre des paquets TCP/IP sur Internet. Quel type de qualité de service obtient-on avec de telles liaisons ?
- Question 1.16** (1 point) Afin de partager les plages de fréquences utilisées pour la transmission sans-fil, on peut opter pour une politique de gestion d'accès au canal statique ou dynamique. Expliquez les principes de la gestion d'accès statique et du multiplexage spatial et temporel.
- Question 1.17** (1 point) Les protocoles de type ALOHA proposent une méthode simple de gestion d'accès au canal dynamique. Expliquez le protocole ALOHA pur et le protocole ALOHA discret.
- Question 1.18** (2 point) Le protocole ALOHA avec réservation de paquets est une variante du protocole ALOHA discret. Les tranches discrètes sont maintenant regroupées en trames de  $N$  tranches. Toutes les tranches utilisées sans collision par une machine dans une trame lui sont réservées dans la trame suivante. Expliquez plus en détail ce protocole à l'aide de schémas et montrez que dans le cas de très longs messages l'utilisation du canal tend vers l'optimal.
- Question 1.19** (1 point) Pour une liaison en espace lointain, peut-on utiliser un protocole de type ALOHA ? Pourquoi ? (On pourra calculer le temps nécessaire à la détection d'une collision.)
- Question 1.20** (4 point) Proposez (en une page maximum) une architecture réseau pour un réseau Internet interplanétaire. Vous préciserez les couches physiques, liaisons et réseaux utilisées aux différents niveaux ainsi que la politique de routage.

## 2 Systèmes de fichiers journalisés

**Attention.** Les questions suivantes sont accompagnées d'indications. Restez concis ! Le poids et la longueur cumulée de la copie ne seront pas pris en compte lors de la correction. N'oubliez rien mais n'en rajoutez pas !

**Question 2.1** Expliquez, du point de vue de l'utilisateur du système, la structure et les interactions possibles avec un système de fichiers arborescent typique d'UNIX. (2 points)

*On considérera que les seules entités présentes dans ce système de fichiers sont des fichiers ordinaires et des répertoires. On s'attachera à expliquer le fonctionnement de l'espace de nommage, les opérations courantes de modification du système de fichiers, la gestion de la sécurité et des droits d'accès, ainsi que la distinction entre contenu de fichier et attributs de fichier.*

**Question 2.2** Expliquez, du point de vue du programmeur du système, l'organisation et le stockage du système de fichiers précédent sur le disque selon le modèle classique à base d'i-noeuds. (2 points)

*On s'attachera à présenter les différentes entités stockées (blocs libres, i-noeuds, données), leur contenu, les différentes opérations à effectuer pour ajouter ou supprimer des entités, ainsi que le stockage des répertoires sur le disque.*

**Question 2.3** Afin d'améliorer les performances des systèmes de fichiers, on effectue certaines opérations de lecture/écriture sur le disque de manière asynchrone, en utilisant un cache en mémoire. (3 points)

Expliquez pourquoi afin de préserver la cohérence du système de fichiers en cas de panne du système, certaines opérations doivent être réalisées de manière synchrone avec la mise-en-oeuvre précédente. Conclure sur la performance du système de fichiers lors de nombreuses opérations de création/destruction de fichiers de petite taille.

*On s'attachera à préciser le fonctionnement d'un cache en mémoire, les notions d'opération synchrone et asynchrone, les pertes de cohérence possibles dans un système totalement asynchrone, ainsi que le nombre d'opérations synchrones et asynchrones à réaliser pour créer et supprimer un fichier. Afin d'évaluer les performances, on considérera les vitesses d'accès à la mémoire vive et au disque.*

**Question 2.4** Les systèmes de fichiers journalisés proposent de résoudre le problème précédent en utilisant une organisation du disque radicalement différente. Le disque est découpé en segments (taille usuelle 1 Mo) organisés en un journal, c'est-à-dire en une liste ordonnée de segments utilisés. Toutes les opérations disque sont asynchrones. Les écritures successives d'i-noeuds comme de données sont accumulées jusqu'à atteindre la taille d'un segment. Ce segment est alors ajouté à la fin du journal dans un segment libre du disque. Un fichier ordinaire est stocké sur le disque, appelé fichier d'index, dont le but est de donner la correspondance entre les numéros d'i-noeuds et les adresses (numéro de segment, offset dans le segment) de ces i-noeuds sur le disque. (3 points)

Expliquez, à l'aide de schémas, le fonctionnement d'un système de fichiers journalisé lors de nombreuses opérations de créations/destructions de fichiers de petite taille. Justifiez le fait que toutes les opérations de lecture/écriture sont asynchrones. Conclure sur les performances d'un système de fichiers journalisé.

*On s'attachera à préciser les modifications du segment courant en mémoire et du journal stocké sur le disque, l'usage du cache en lecture et en écriture. Afin de justifier l'asynchronie, on pourra proposer un scénario de panne et montrer que le système de fichier reste cohérent (malgré la perte de certaines données).*

**Question 2.5** Les disques ne sont malheureusement pas infinis et les systèmes de fichiers journalisés doivent être nettoyés. Afin de faciliter ce nettoyage, les segments sont enrichis de nouvelles informations. Ainsi, un numéro de version est associé à chaque bloc écrit dans un segment. Expliquez le rôle du numéro de version des blocs ainsi que le processus de nettoyage du système de fichiers journalisé. (3 points)

*On s'attachera à préciser comment le nettoyeur détermine si un bloc est utile ou non à la cohérence du système de fichiers et comment il peut libérer des segments entiers afin qu'ils soient réutilisés plus tard.*