



Date : 16 novembre 2017

Prénom, Nom : Yannick Zambon

Réseaux IP

Travail écrit no 1

Informations importantes :

- Le temps disponible est de 1h30. Vous pouvez aussi répondre en allemand ou en anglais.
- Le travail est individuel. La seule documentation autorisée est (1) le formulaire personnel (1 feuille A4, deux côtés, manuscrite) qui doit être rendu et (2) l'éventuel formulaire officiel, fournit avec le travail écrit, sans annotations
- Il est important de bien lire les questions jusqu'à la fin. La démarche est très importante. *Un résultat sans développement ou explication ne sera pas accepté. N'oubliez pas les unités!*

| Question: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total |
|-----------|---|---|----|----|---|----|-------|
| Points: | 4 | 8 | 10 | 10 | 8 | 10 | 50 |

50/50

Question 1 (4 points)

Avec l'arrivée d'offres de télévision par Internet, comme par exemple Swisscom TV, et l'ajout de fonctionnalités tel que le "Replay" (soit revoir une émission ou un film diffusé les dernières 24h), quels sont, selon vous, les paramètres de qualité à tenir compte lors de l'implémentation d'un tel service et quel est le type de trafic transmis (pour les flux standards, replay et VoD (Video On Demand)) ?

Pour les replay et VoD, il est nécessaire d'avoir un serveur dédié à chaque bande passant se connecte en point-to-point avec les utilisateurs. (unicast)
Pour les flux standards, une plus faible bande passante peut être utilisée, ce que l'on traite via une connexion de type point-to-multipoint. (multicast) ✓
D'un point de vue qualité, le trafic standard doit fonctionner dans les cas critiques, la qualité "comparable" aux autres. Il faut un système basé sur la gestion des erreurs (UDP > TCP). ✓
Cela est moins vrai pour le VoD et les replay où la connexion n'a plus à être "synchronisée" avec tous les utilisateurs. On peut se permettre d'avoir une meilleure qualité même si cela peut, dans les cas critiques, causer des ralentissements de l'usage. ✓

Question 2 (8 points)

Sur la passerelle d'un réseau les mesures nous indiquent que le taux moyen d'arrivée des paquets est de 125 paquets par seconde et que la passerelle prend 2ms pour transmettre un paquet.

- (a) (1 point) Quels sont le taux d'arrivées λ et le taux de service μ ?

$$\lambda = 125 \text{ paquet/s} \quad \mu = \frac{1}{0.002} = 500 \text{ s}^{-1}$$

- (b) (1 point) Quelle est l'utilisation de la passerelle ?

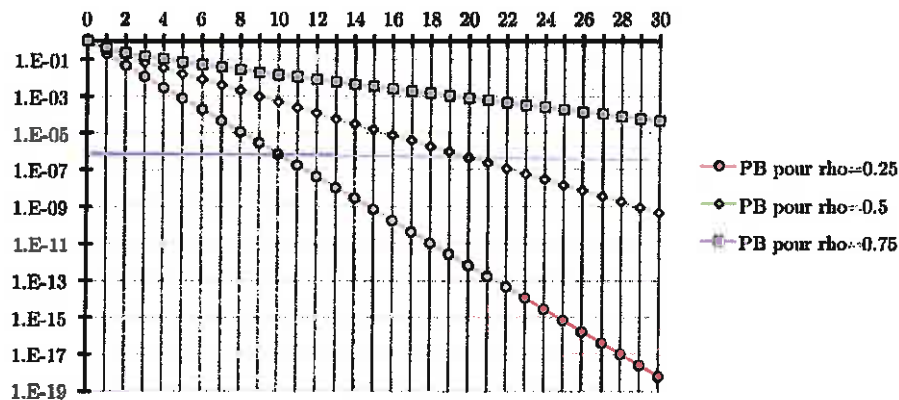
$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{125}{500} = 0,25 = 25\%$$

- (c) (2 points) Si l'on modélise cette passerelle selon un modèle **M/M/1/K**, quelle est la probabilité d'un dépassement (ou débordement, "buffer overflow") de tampon si la taille du tampon (queue) de la passerelle est de 13 ?

La taille du système est de 14 (file de 13 + paquet traité),
 la probabilité de débordement revient à calculer la probabilité d'être dans l'état "14"

$$P_{14} = \frac{(1-\rho)\rho^{14}}{1-\rho^{15}} = 2,8 \cdot 10^{-3} \% \quad \text{avec } \rho = 0,25$$

- (d) (2 points) En vous aidant du graphique ci-dessous, quelle doit être la taille de la queue pour que la probabilité de dépassement (ou débordement) de tampon soit plus petite que 10^{-6} , pour la valeur de ρ (rho) calculée ci-dessus ?
Calculez cette probabilité de blocage.



Probabilité de blocage (P_B) en fonction de K et ρ

On considère la courbe rouge. La probabilité de blocage doit être $< 10^{-6}$. Donc, au moins, une taille de queue de 10. Ce qui fait 11 paquets au maximum dans le système.

$$P_B = \frac{(1-\rho)\rho^{11}}{1-\rho^{12}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \%$$

On remarque que l'on peut faire "mieux" avec un buffer de 9 :

$$P_B = \frac{(1-\rho)\rho^{10}}{1-\rho^{11}} = 7,1 \cdot 10^{-5} \%, \text{ ce qui est plus petit que } 10^{-6}$$

- (e) (2 points) Selon le résultat obtenu au point précédent, quel est le nombre moyen de paquets dans la passerelle (toujours pour un modèle de type M/M/1/K) ?

Donc avec $K = 9 + 1 = 10$ et $\rho = 0,25$

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{(K+1)\rho^{K+1}}{1-\rho^{K+1}} = \frac{1}{3} - 2,62 \cdot 10^{-6} \approx 0,33 = \frac{1}{3} \text{ paquet}$$

Question 3 (10 points)

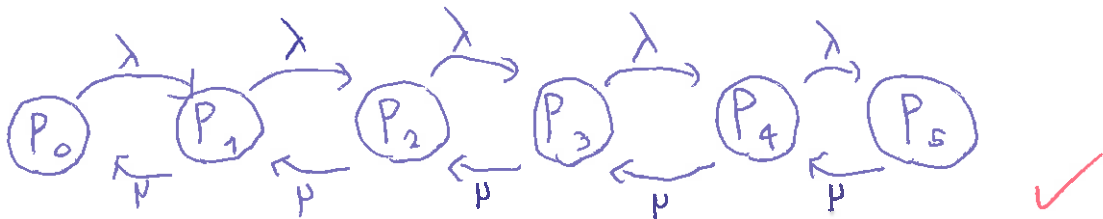
Un système de files d'attente ne peut contenir plus de 5 clients. Le taux d'arrivée est $\lambda = 9$ clients par heure et le taux de départ est $\mu = 10$ clients par heure. Ces deux taux sont indépendants du nombre n de personnes dans le système.

Nous supposons que les processus d'arrivée et de départ suivent une distribution de Poisson.

(a) (1 point) Donnez la notation de Kendall de ce système.

... $M/M/1/5$ ✓

(b) (2 points) Dessinez le diagramme de transition (naissance et de mort) de ce système.



(c) (3 points) Donnez les équations d'équilibre décrivant ce système (P_0 , etc.) et calculez la probabilité d'être dans chacun des états.

$$P_1 = \frac{\lambda}{\mu} P_0 \quad P_2 = \frac{\lambda}{\mu} P_1 = \frac{\lambda^2}{\mu^2} P_0 \quad P_3 = \frac{\lambda}{\mu} P_2 = \frac{\lambda^3}{\mu^3} P_0 \quad \left| \begin{array}{l} a \end{array} \right.$$

$$P_4 = \frac{\lambda}{\mu} P_3 = \frac{\lambda^4}{\mu^4} P_0 \quad P_5 = \frac{\lambda}{\mu} P_4 = \frac{\lambda^5}{\mu^5} P_0$$

$$\sum P_n = 1 \Rightarrow P_0 = \frac{1}{(1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \rho^4 + \rho^5)} \quad \left| \begin{array}{l} b \end{array} \right.$$

Avec $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{9}{10}$ ✓ et donc $(1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \rho^4 + \rho^5) = 4,685$

Avec a et b, on peut donc calculer $P_0 = 21,3\%$ ✓

$$P_1 = 19,2\% \quad P_2 = 17,2\% \quad P_3 = 15,5\%$$

$$P_4 = 14\% \quad P_5 = 12,6\% \quad \text{On vérifie bien que } \sum P_n = 1 \quad \checkmark$$

(d) (2 points) Quel sera le nombre moyen de clients dans ce système ?

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{(K+1)\rho^{K+1}}{1-\rho^{K+1}} \quad \text{avec } K=5 \text{ et } \rho=0,9$$

$$\bar{n} = 9 - 6,8 = 2,2 \text{ clients} \quad \checkmark$$

(e) (2 points) Basé sur les résultats précédents, quel sera le temps moyen d'attente dans la file ?

$$\text{Little} : \bar{T} = \frac{\bar{n}}{\lambda} = \frac{2,2 \text{ clients}}{9 \text{ haine}^{-1}} = 0,24 \text{ haine} \quad \checkmark$$

En considérant que la file représente le système et non pas la "file de la file d'attente" ok ✓

Question 4 (10 points)

La station d'essence de votre village comprend une pompe. Les voitures arrivent à cette station selon un processus Poissonien. La fréquence d'arrivée est de 20 véhicules à l'heure et ceux-ci sont servis dans l'ordre des arrivées. Le temps nécessaire pour faire le plein et payer est exponentiel, avec une valeur moyenne de 2 minutes.

(a) (1 point) Quelle est la notation de Kendall de ce système ?

$M/M/1$ ✓

(b) (2 points) Quel est le trafic offert au système ?

$a = \lambda \bar{r}$ $\bar{r} = 2 \text{ min}$ $\lambda = \frac{1}{3} \text{ min}^{-1}$
 $a = \frac{2}{3} \text{ Erlangs}$ ✓

(c) (5 points) Déterminez les paramètres suivants :

- 1 • le nombre moyen de véhicule à la station d'essence
- 4 • le nombre moyen de véhicule en attente
- 2 • le temps moyen de présence à la station d'essence
- 3 • le temps moyen d'attente avant de faire le plein

1) $\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = 2 \text{ voitures}$ ✓ avec $\rho = \frac{1}{3} = 0,33 \text{ min}^{-1}$ et $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{2}{6}$

2) $\bar{T} = \frac{1}{\mu - \lambda} = 6 \text{ minutes}$ ✓

3) $\bar{T}_{\text{plein}} = \bar{T} - \frac{1}{\mu} = 4 \text{ minutes}$ ✓

4) $\bar{n}_{\text{plein}} = \lambda \bar{T}_{\text{plein}} \rightarrow \frac{4}{3} \text{ voitures}$ ✓

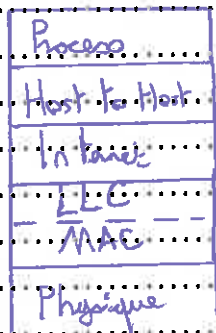
(d) (2 points) Quelle est la probabilité que 3 véhicules attendent pour accéder à la pompe à essence ?

3 véhicules attendent \rightarrow 4 véhicules dans le système

$P_4 = \frac{\lambda^4}{\mu^4} \left(1 - \frac{\lambda}{\mu} \right) = 6,58\%$ ✓

Question 5 (8 points)

Dessinez le modèle en couche hybride très utilisé aujourd'hui et qui combine le modèle IEEE et Internet. Décrivez succinctement le rôle de chacune des couches (2 fonctions réalisées pour chacune d'elles).



Couche Physique : spécification des cables et des connecteurs, Émission et réception des bits, reconnaissance des délimiteurs et des préambules.

Sous-couche MAC : - se charge de l'adressage physique (adresse MAC) ainsi que de gérer l'accès au médium (qui? pour qui?).

Sous-couche LLC : - Gère un transport fiable des paquets en sachant sur quelles couches supérieures le type d'accès au médium et se charge d'établir les connexions couche 2.

Couche Internet : - se charge de l'adressage logique (IP) et du routage / commutation des paquets.

Couche Host-to-Host : segmentation et reassemblage des données, donne la possibilité de faire des connexions bout-à-bout.

Couche Process : Gère la compression et la diffusion des données, sert de lien avec l'utilisateur (e-mail, identification, URL, transfert de fichiers, etc.).

Question 6 (10 points)

Pour les différentes questions ci-dessous, veuillez sélectionner la ou les bonnes réponses, selon les indications. Sans commentaires particuliers, il y a **une seule réponse** possible.

- (a) (1 point) Quel est le nom de l'algorithme utilisé dans le CSMA/CD pour éviter des collisions multiples ?
- A. collision avoidance
 - B. crash prevent
 - ✓ ☒ C. exponential back-off
 - D. exponential collisions
 - E. collision detection
- (b) (1 point) Dans les réseaux de type CSMA/CD, pourquoi la trame émise doit avoir une taille minimale ?
- A. Pour permettre d'obtenir un débit minimal de transmission
 - ✓ ☒ B. Pour permettre à la station émettrice de détecter si sa transmission entre en collision à l'extrémité du réseau
 - C. Pour permettre à la station réceptrice de détecter s'il y a eu une erreur de transmission
 - D. Pour garantir un accès équitable au médium
 - E. Pour permettre une transmission en full-duplex
- (c) (1 point) Qu'est-ce qu'une variable aléatoire ?
- A. L'ensemble des solutions possibles d'une expérience aléatoire
 - B. Une fonction cumulative ou de distribution
 - ✓ ☒ C. Une fonction qui associe un nombre à un résultat d'expérience
 - D. Une fonction représentant l'intensité de probabilité
 - E. Une fonction représentant la moyenne des résultats d'une expérience
- (d) (1 point) Une classe est constituée de 18 garçons et 12 filles. Le tiers des filles et la moitié des garçons aiment le cours de réseaux IP. On choisit un étudiant de la classe au hasard et on note A l'événement "L'étudiant(e) est une fille" et B l'événement "L'étudiant(e) aime le cours de réseaux IP". Choisissez les affirmations vraies (2 réponses).
- ✓ ☒ A. $P(A)=0.5$ x $12/30$
 - B. $P(A \cap B)=1/3$ x $\rightarrow 9/30$ $P(A \cap B) = P(B)$
 - ☒ C. $P(A \cup B)=0.7$ ✓ $21/30$
 - ☒ D. $P(B)=13/30$ ✓ $4+9$
- (e) (1 point) Sachant que P_n correspond à la probabilité d'avoir n client(s) dans un système à file d'attente, le nombre moyen de client dans un système de type M/M/1 correspond à :
- ✓ ☒ A. la fonction de répartition de n
 - B. la densité de probabilité de n
 - C. la fréquence de traitement des clients
 - ☒ D. l'espérance mathématique de n
- (f) (1 point) Les caractéristiques d'un processus de naissance et de mort sont: (3 réponses)
- ☒ A. Une absence de mémoire
 - B. Les différents états sont mémorisés
 - ✓ ☒ C. Les transitions entre tous les états sont permises
 - ☒ D. Seul les transitions entre états voisins sont permises
 - ☒ E. La probabilité de transition de $n \rightarrow n+1$ pendant dt est donnée par $\lambda_n dt$
 - F. La probabilité de transition de $n \rightarrow n-1$ pendant dt est donnée par $\rho_n dt$

- (g) (1 point) Les caractéristiques principales (définie à l'origine) d'un WAN sont: (2 réponses)
- ☒ A. de faibles débits
 - ☐ B. de hauts débits
 - ☐ C. une couverture géographique restreinte
 - ☒ D. des protocoles complexes venant des télécommunications
 - ☐ E. un coût faible
- (h) (1 point) L'abréviation MAN signifie:
- ☐ A. Mega Area Network
 - ☒ B. Metropolitan Augmented Network
 - ☒ C. Metropolitan Area Network
 - ☐ D. Multi Access Network
- (i) (1 point) Quelles sont les deux sous-couches définies par IEEE au niveau de la couche *Liaison de données* du modèle OSI ? (2 réponses)
- ☒ A. Logical Link Control (LLC)
 - ☐ B. Transmission Control Protocol (TCP)
 - ☒ C. Stream Control Transmission Protocol (SCTP)
 - ☒ D. Media Access Control (MAC)
 - ☐ E. Multi Protocol Label Switching (MPLS)
- (j) (1 point) Les rôles associés à la couche 3 du modèle OSI sont les suivants: (3 réponses)
- ☐ A. Multiplexage de bout en bout
 - ☐ B. Accès au canal de transmission
 - ☒ C. Routage et commutation
 - ☒ D. Contrôle de flux
 - ☒ E. Adressage