

Commencé le	mercredi 18 décembre 2019, 13:30
--------------------	----------------------------------

État	Terminé
-------------	---------

Terminé le	mercredi 18 décembre 2019, 16:00
-------------------	----------------------------------

Temps mis	2 heures 30 min
------------------	-----------------

Points	57,00/80,00
---------------	-------------

Note	14,25 sur 20,00 (71%)
-------------	-----------------------

Question 1

Partiellement correct

Note de 3,00 sur 8,00

Pour chacune des déclarations suivantes, indiquez si elles sont vraies ou fausses.

Attention: si une réponse correcte apporte des points ($1/(total\ de\ la\ question)$), une réponse incorrecte en retire la même quantité. Ne pas répondre n'ajoute pas ni ne retire de points. La note finale de la question ne pourra pas descendre en dessous de zéro, et ne pourra donc pas avoir une note négative sur le total de l'examen.

For each of the following statements, indicate whether they are true or false.

Warning: if a correct answer adds points ($1/(total\ of\ the\ question)$), an incorrect answer removes the same amount. If you chose not to answer for a statement, it does not add nor remove points. The final grade of the question can not go below zero, and therefore can not have a negative note on the total of the exam.

DNS est généralement délégué hiérarchiquement en ayant, par exemple, les nœuds racine indiquant aux résolveurs quels serveurs interroger pour ".ca", et ainsi de suite, jusqu'à ce que la requête du client puisse être répondue.

DNS is delegated hierarchically by having, e.g., the root nodes tell resolvers which servers to query for ".ca", and so on, until the client's query can be answered.

Les résolveurs DNS (Domain Name System) utilisent Paxos et des messages d'invalidation pour maintenir la cohérence des enregistrements mis en cache.

Domain Name System (DNS) resolvers use Paxos and invalidation messages to maintain the consistency of cached records.

Si le serveur avec lequel un client communique ne prend en charge aucune forme de chiffrement (par exemple, https), le client doit utiliser un VPN afin que personne ne puisse écouter son trafic.

If the server a client communicates with does not support any form of encryption (e.g., https), the client should use a VPN so that nobody can overhear its traffic.

Certains réseaux de distribution de contenu (CDN) utilisent des réponses DNS pour diriger les clients vers le cache CDN le plus proche.

Some Content Delivery Networks (CDNs) use DNS responses to direct clients to the closest CDN cache.

Le but de la paravirtualisation (par exemple, Xen) est de faire complètement ignorer au système d'exploitation invité qu'il s'exécute sur une machine virtuelle.

The goal of paravirtualization (e.g., Xen) is to make the guest operating system completely unaware that it is running on a virtual machine.

L'exclusion mutuelle distribuée en anneau est une excellente solution pour une application sensible à la latence exécutée sur 10 000 nœuds.

Ring-based distributed mutual exclusion is a great solution for a latency-sensitive application running on 10,000 nodes.

Un système de fichiers NFS apparaît sur le même chemin de fichier sur tous les clients.

An NFS file system appears at the same file path on all clients.

Un système de fichiers AFS apparaît sur le même chemin de fichier sur tous les clients.

An AFS file system appears at the same file path on all clients.

Question 2

Incorrect

Note de 0,00 sur 2,00

Parmi les éléments suivants, sélectionnez celui ou ceux qui sont vrai(s). / Among the following statements, select the one(s) that are true.

Veuillez choisir au moins une réponse :

- a. Le bind mount est l'option préférée aux volumes pour partager des fichiers de configuration depuis l'hôte vers les containers. / Bind mount is better than volumes to share configuration files from the host machine to containers.
- b. Un volume docker permet d'échanger des données entre les containers, et est effacé à la suppression du container. / A docker volume provide a way to share data between containers, and is deleted at the same time when the container is deleted
- c. La commande `docker run -p 127.0.0.1:80:8080/tcp ubuntu bash` expose le port 80 du container sur le port 8080 de l'hôte / The command `docker run -p 127.0.0.1:80:8080/tcp ubuntu bash` binds port 80 of the container to TCP port 8080 on host
- d. Vous venez de mettre en place un serveur de stockage réparti, il est possible de le monter sur l'hôte et d'y accéder dans le container via un bind mount. / You just setup a shared storage server, and it is possible to access it, after mounting it on the host, in the container thanks to the bind mount.

Question 3

Partiellement correct

Note de 1,00 sur 2,00

Parmi les éléments suivants à propos du stockage réparti, sélectionnez celui ou ceux qui sont vrai(s).

Among the following statements about distributed storage, select the one(s) that are true.

Veillez choisir au moins une réponse :

- a. Un volume est un partage hébergé par les serveurs et peut être construit par un ensemble de sous-volumes, généralement hébergés par différents serveurs. / A volume is a share hosted by servers and can be composed by a set of subvolumes, usually hosted by different servers
- b. Le mode distribué permet que chaque élément écrit sur une « brick » soit répliqué N fois sur d'autres « bricks » sur des noeuds du cluster. / Distributed mode allows each element written on a brick to be replicated N times on other bricks on nodes in the cluster
- c. Il est possible de monter un dossier glusterFS partagé via la commande mount à l'aide de FUSE / It is possible to mount a glusterFS shared folder via the mount command using FUSE
- d. GlusterFS utilise un serveur de metadata pour structurer les fichiers / GlusterFS uses a metadata server to structure files

Question 4

Incorrect

Note de 0,00 sur 2,00

Avec laquelle des commandes suivantes puis-je connaître les enregistrements MX du nom de domaine **polymtl.ca** ? Cocher l'affirmation vraie.

Which of the following commands can I use to know the **MX** records of the domain name **polymtl.ca** ? Check the only true statement.

Veillez choisir une réponse :

a.

b.

c.

d.

Question 5

Incorrect

Note de 0,00
sur 2,00

Parmi les éléments suivants à propos des transactions, sélectionnez celui ou ceux qui sont vrai(s).

Among the following statements about transactions, select the one(s) that are true.

Veuillez choisir au moins une réponse :

- a. Avec le niveau d'isolation **READ UNCOMMITTED**, une requête **SELECT** verra toujours les derniers changements commis, même s'ils ont été faits dans une autre session, après le début de la transaction / **With the isolation level READ UNCOMMITTED, a SELECT request will always see the last committed changes, even if they were made in another session, after the transaction starts**
- b. Les requêtes de modification et de suppression posent un verrou partagé sur les lignes concernées par la clause WHERE d'une requête, tandis que les requêtes d'insertion posent un verrou exclusif / **Modification and suppression requests place a shared lock on the lines affected by the WHERE clause of a request, while insertion requests place an exclusive lock**
- c. Un verrou partagé sur les lignes x va permettre aux autres sessions d'obtenir également un verrou partagé sur les lignes x, mais pas d'obtenir un verrou exclusif / **A shared lock on x lines will allow other sessions to also get a shared lock on x lines, but not get an exclusive lock**
- d. Dans une base de données, les verrous de ligne s'utilisent avec les transactions, et dépendent des index / **In a database, line locks are used with transactions, and depend on indexes**

Question 6

Incorrect

Note de 0,00
sur 2,00

Kubernetes est un système d'orchestration de containers d'applications sur des grappes de serveurs composées: (sélectionnez la ou les réponses applicable(s))

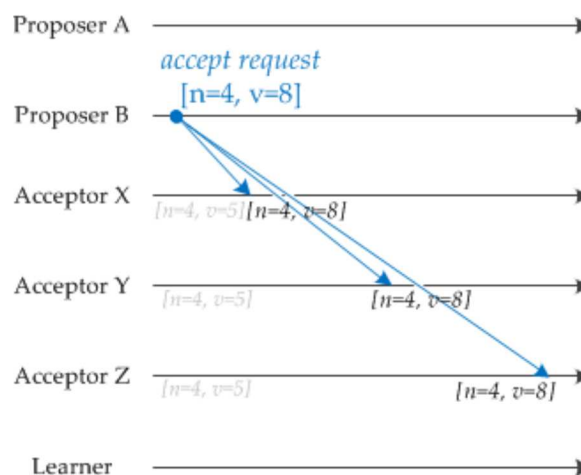
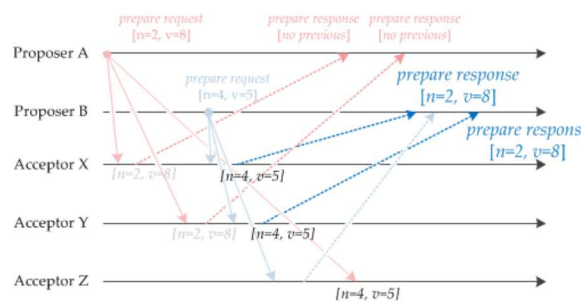
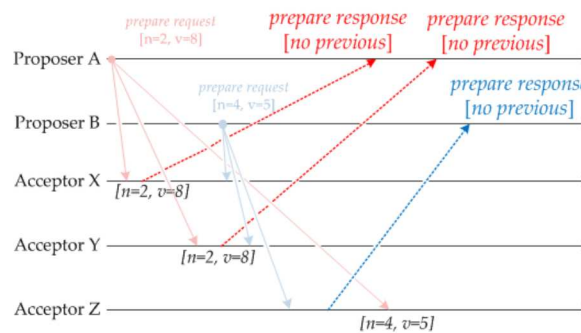
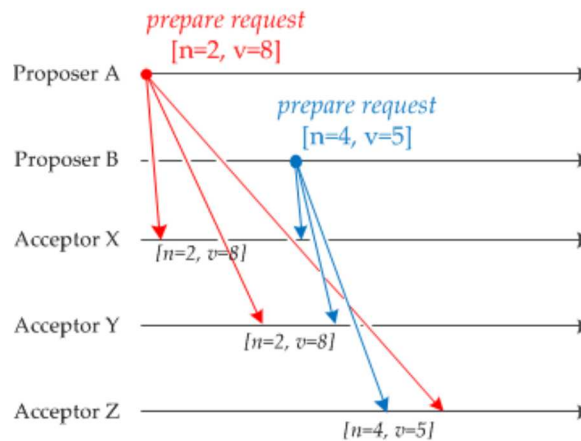
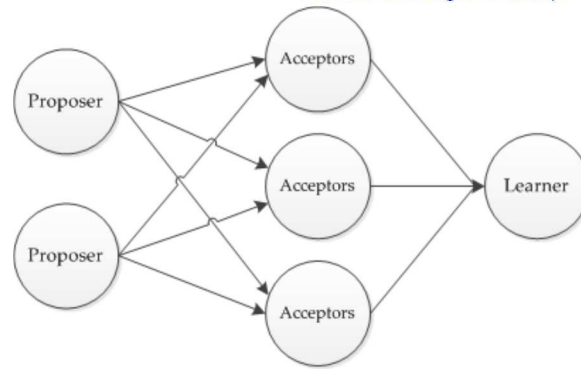
Kubernetes is a system of orchestration of application containers on clusters of servers composed: (select the applicable answer (s))

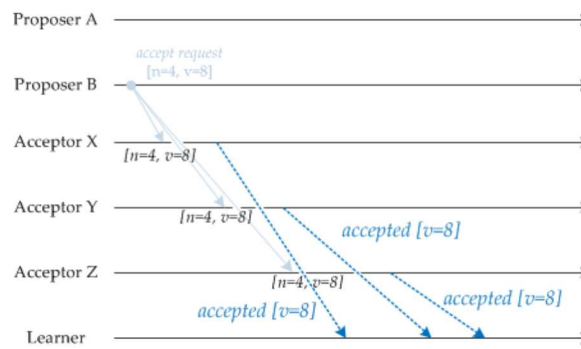
Veuillez choisir au moins une réponse :

- a. de « pods » qui sont des machines qui coordonnent la planification et la gestion des conteneurs d'applications sur le cluster / **of "pods" which are machines that coordinate the planning and management of application containers on the cluster**
- b. de « nodes » qui sont des groupes d'un ou plusieurs containers d'applications et qui partagent des volumes partagés et une même adresse IP / **of "nodes" which are groups of one or more application containers and share shared volumes and the same IP address**
- c. de « nodes », groupe de pods travaillant ensemble / **of "nodes", group of pods working together**
- d. de « pods » qui sont des groupes d'un ou plusieurs containers d'applications et qui partagent des volumes partagés et une même adresse IP / **of "pods" which are groups of one or more application containers and share shared volumes and the same IP address**
- e. de « nodes » où sont déployés les applications / **of "nodes" where the applications are deployed**

Les figures suivantes ont été vues en cours et proviennent de [Paxos By Example](#) (lien pour référence, non disponible durant l'examen).

The following figures were seen during the lectures and come from [Paxos By Example](#) (link for reference, not available during the exam).





Question 7

Terminer

Note de 3,00
sur 3,00

Considérez une implémentation de l'algorithme Paxos où un proposeur attend que moins d'une majorité d'accepteurs répondent OK à un message Préparer ou Accepter avant de passer à l'exécution des étapes suivantes. Expliquez comment une telle implémentation peut briser les garanties Paxos.

Consider an implementation of the Paxos algorithm where a proposer waits for less than a majority of acceptors to answer OK to a Prepare or an Accept message before it proceeds to executing the next steps. Explain how such an implementation can break the Paxos guarantees.

Question 8

Terminer

Note de 3,00
sur 3,00

Expliquez pourquoi Paxos ne peut pas tolérer n fautes avec moins de $2n + 1$ nœuds.

Explain why Paxos cannot tolerate n failures with less than $2n + 1$ nodes.

Question 9

Terminer

Note de 5,00
sur 6,00

Une hypothèse courante dans Paxos est que différents
proposers utilisent des numéros de proposition différents.
Un collègue vous montre une implémentation de Paxos où :

1. Différents proposeurs peuvent utiliser les mêmes numéros de proposition, et
2. Un accepteur rejette un message « *Prepare* » ou « *Accept* » uniquement si le numéro de proposition dans le message est strictement inférieur au plus grand numéro de proposition que l'accepteur a vu (c'est-à-dire exactement comme présenté en classe et dans les notes de cours).

One common assumption in Paxos is that different
proposers use different proposal numbers. A colleague
shows you an implementation of Paxos where:

1. Different proposers can use the same proposal numbers, and
2. An acceptor rejects a "Prepare" or "Accept" message only if the proposal number in the message is strictly smaller than the largest proposal number that acceptor has seen (i.e., exactly as presented in class and in the course notes).

Cette implémentation de Paxos est-elle correcte? Trouvez
un contre-exemple ou expliquez brièvement pourquoi elle
est correcte.

Is this Paxos implementation correct? Find a
counterexample or explain briefly why it is correct.

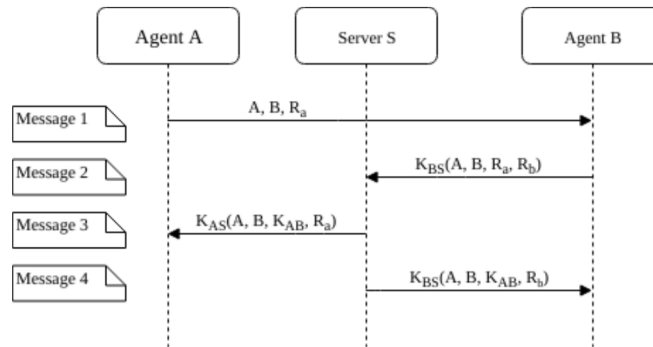
Question 10

Incorrect

Note de 0,00
sur 6,00

La figure suivante illustre un protocole entre deux agents A et B et un serveur S. L'objectif est d'obtenir que le serveur génère une clé de session partagée K_{AB} et de permettre à A et B de s'assurer qu'ils communiquent entre eux.

Chaque agent partage une clé privée avec le serveur S: A a K_{AS} et B a K_{BS} . Les valeurs R_a et R_b sont des « nonces » (nombre utilisé une fois) générés aléatoirement. La notation $K(M_1, M_2, \dots, M_n)$ signifie générer un message contenant une version chiffrée de la séquence M_1, M_2, \dots, M_n à l'aide de la clé K .



Supposons ce qui suit:

- Initialement, seuls A et S connaissent K_{AS} et seuls B et S connaissent K_{BS} .
- Le vrai serveur S n'est pas malveillant, mais il pourrait y avoir un imposteur S_{imp} essayant de se faire passer pour S.
- Il pourrait y avoir un imposteur A_{imp} ou B_{imp} essayant de se faire passer pour A ou B.
- Les imposteurs peuvent intercepter tout trafic, rejouer d'anciens messages ou en injecter de nouveaux.
- Le chiffrement est sécurisé et la forme chiffrée de la séquence ne révèle aucune information sur la forme chiffrée des éléments individuels. Par exemple, connaître $K(M_1, M_2)$ ne révèle aucune information sur $K(M_1)$ ou $K(M_2)$.
- Nous dirons qu'un message est fraîchement généré s'il doit avoir été créé quelque temps après le message initial dans le protocole (c'est à dire que ce n'est pas un message répété, probablement par un imposteur).

Parmi les éléments suivants à propos de ce protocole, sélectionnez celui ou ceux qui sont vrai.

Veillez choisir au moins une réponse :

- À la fin du protocole, B peut être certain d'avoir établi une session avec A. / Upon completion of the protocol, B can be certain that it has established a session with A.
- A peut être certain que le message 3 a été fraîchement généré par S. / A can be certain that message 3 was freshly generated by S.
- Une fois le protocole terminé, personne d'autre que A, B ou S ne peut connaître la valeur de K_{AB} . / Upon completion of the protocol, no one other than A, B, or S can know the value of K_{AB} .
- B peut être certain que le message 4 a été fraîchement généré par S. / B can be certain that message 4 was freshly generated by S.
- S peut être certain que le message 2 a été fraîchement généré par B. / S can be certain that message 2 was freshly generated by B.
- À la fin du protocole, A peut être certain d'avoir établi une session avec B. / Upon completion of the protocol, A can be certain that it has established a session with B.

The following figure illustrates a protocol between two agents A and B, and a server S. The intent is to get the server to generate a shared session key K_{AB} , and to also enable A and B to make sure they are communicating with each other.

Each agent shares a private key with the server S: A has K_{AS} , and B has K_{BS} . Values R_a and R_b are randomly generated "nonces" (number-used-once). The notation $K(M_1, M_2, \dots, M_n)$ means to generate a message containing an encrypted version of the sequence M_1, M_2, \dots, M_n using key K .

Assume the following:

- Initially, only A and S know K_{AS} , and only B and S know K_{BS} .
- The true server S is not malicious, but there could be an impostor S_{imp} trying to pose as S.
- There could be an impostor A_{imp} or B_{imp} trying to pose as A or B.
- Imposters can intercept any traffic, replay old messages, or inject new ones.
- The encryption is secure, and the encrypted form of the sequence does not reveal any information about the encrypted form of the individual elements. For example, knowing $K(M_1, M_2)$ does not reveal any information about $K(M_1)$ or $K(M_2)$.
- We will say that a message is freshly generated if it must have been created some time after the initial message in the protocol (i.e. it is not a repeated message, probably by an impostor).

Among the following statements about this protocol, select the one(s) that are true.

Question 11

Correct

Note de 4,00
sur 4,00

Soient les variables i , j , k , m et n sauvegardées dans une base de données pour laquelle un système de transactions est en place. Le système tombe en panne, et lors du démarrage du système de remplacement, celui-ci récupère dans la base de données les valeurs actuellement enregistrées des variables, qui sont les suivantes:

- $i = 10$
- $j = 20$
- $k = 30$
- $m = 40$
- $n = 50$

Le système possède aussi un fichier journal pour les opérations qui n'ont pas encore eu le temps d'être sauvegardées sur disque. Lors du démarrage du système de remplacement, le journal est le suivant:

- P0: ...;
- P1: Écrire($m, 12$);
- P2: Écrire($j, 11$);
- P3: Écrire($n, 9$);
- P4: Prépare $U(m:P1, j:P2), P0$;
- P5: Compléter $U, P4$;
- P6: Prépare $W(n:P3), P0$;
- P7: Compléter $W, P6$;
- P8: Écrire($j, 34$);
- P9: Préparer $T(j:P8), P7$;
- P10: Compléter $T, P9$;
- P11: Écrire($k, 42$);
- P12: Prépare $V(k:P11), P10$;
- P13: Compléter $V, P12$;

À l'aide de ces informations, et en considérant qu'aucune nouvelle opération n'est acceptée durant la récupération, indiquez les valeurs des variables une fois que le nouveau système est revenu dans un état cohérent.

- $i =$
- $j =$
- $k =$
- $m =$
- $n =$

Let the variables i , j , k , m and n be saved in a database for which a transaction system is in place. The system breaks down, and when the replacement system starts, it recovers from the database the currently recorded values of the variables, which are as follows:

- $i = 10$
- $j = 20$
- $k = 30$
- $m = 40$
- $n = 50$

The system also has a log file for operations that have not yet had the time to be saved to disk. When starting the replacement system, the log is as follows:

- P0: ...;
- P1: Write($m, 12$);
- P2: Write($j, 11$);
- P3: Write($n, 9$);
- P4: Prepare $U(m:P1, j:P2), P0$;
- P5: Complete $U, P4$;
- P6: Prepare $W(n:P3), P0$;
- P7: Complete $W, P6$;
- P8: Write($j, 34$);
- P9: Prepare $T(j:P8), P7$;
- P10: Complete $T, P9$;
- P11: Write ($k, 42$);
- P12: Prepare $V(k:P11), P10$;
- P13: Complete $V, P12$;

Using this information, and considering that no new operations are accepted during recovery, indicate the values of the variables once the new system has returned to a consistent state.

Description

Pour les questions suivantes, les transactions T, U & V et l'ordre relatif de leurs opérations sont les mêmes. Elles sont répétées à chaque question pour simplifier votre lecture de l'examen.

For the following questions, the T, U & V transactions and the relative order of their operations are the same. They are repeated with each question to simplify your reading of the exam.

Question 12

Correct

Note de 4,00
sur 4,00

Soit les transactions T, U et V suivantes qui s'exécutent de façon concurrente:

Among the following statements, select the one(s) that are true.

T	U	V
Début		
Lire(A)	Début	
	Lire(B)	
Lire(C)		
	Lire(C)	
	Écrire(B, 4)	
	Compléter	Début
Lire(B)		
		Lire(A)
		Écrire(B, 6)
		Écrire(A, 3)
Écrire(A, 2)		
		Compléter
Compléter		

Laquelle ou lesquelles de ces trois transactions pourrai(en)t s'effectuer telle(s) quelle(s), si un contrôle de la concurrence par prise de verrou SANS expiration (partagé pour la lecture et exclusif pour l'écriture) est utilisé?

Which of these three transactions could be done as is, if a lock-based (shared for reading and exclusive for writing) concurrency control WITHOUT expiration is used?

Veillez choisir au moins une réponse :

- a. T
- b. U
- c. V

Question 13

Correct

Note de 4,00
sur 4,00

Soit les transactions T, U et V suivantes qui s'exécutent de façon concurrente:

Among the following statements, select the one(s) that are true.

T	U	V
Début		
Lire(A)	Début	
	Lire(B)	
Lire(C)		
	Lire(C)	
	Écrire(B, 4)	
		Début
	Compléter	
Lire(B)		
		Lire(A)
		Écrire(B, 6)
		Écrire(A, 3)
Écrire(A, 2)		
		Compléter
Compléter		

Laquelle ou lesquelles de ces trois transactions pourrai(en)t être validée(s) si une validation en avançant était utilisée pour vérifier la cohérence des transactions ?

Which of these three transactions could be validated if forward validation was used to check the consistency of transactions?

Veillez choisir au moins une réponse :

- a. T
- b. U
- c. V

Question 14

Correct

Note de 4,00
sur 4,00

Soit les transactions T, U et V suivantes qui s'exécutent de façon concurrente:

Among the following statements, select the one(s) that are true.

T	U	V
Début		
Lire(A)	Début	
	Lire(B)	
Lire(C)		
	Lire(C)	
	Écrire(B, 4)	
		Début
	Compléter	
Lire(B)		
		Lire(A)
		Écrire(B, 6)
		Écrire(A, 3)
Écrire(A, 2)		
		Compléter
Compléter		

Laquelle ou lesquelles de ces trois transactions pourrai(en)t être validée(s) si une validation en reculant était utilisée pour vérifier la cohérence des transactions ?

Which of these three transactions could be validated if backward validation was used to check the consistency of transactions?

Veillez choisir au moins une réponse :

- a. T
- b. U
- c. V

Question 15

Terminer

Note de 4,00
sur 4,00

Soit un serveur de temps S utilisé par des drones pour synchroniser leurs horloges et réaliser leur tâche de planter 20 millions d'arbres.

Le drone D envoie un message au serveur S à 13h45m05.100s et reçoit une réponse à 13h45m06.600s. La réponse indique l'heure du serveur S au moment où il a répondu comme étant 13h45m16.040s. En utilisant la méthode de Cristian, calculez le décalage à appliquer à l'heure du drone ainsi que l'intervalle d'incertitude sur cette valeur.

A time server S is used by drones to synchronize their clocks and carry out their task of planting 20 million trees.

The drone D sends a message to the server S at 13h45m05.100s and receives a response at 13h45m06.600s. The response indicates the time of the S server when it responded as 13h45m16.040s. Using Cristian's method, calculate the offset to apply to the time of the drone as well as the range of uncertainty on this value.

Question 16

Terminer

Note de 4,00
sur 4,00

Soit un serveur de temps S utilisé par des drones pour synchroniser leurs horloges et réaliser leur tâche de planter 20 millions d'arbres.

Le drone D envoie un message au serveur S à 13h45m05.100s et reçoit une réponse à 13h45m06.600s. La réponse indique l'heure du serveur S au moment où il a répondu comme étant 13h45m16.040s.

Si le serveur S fournit aussi dans sa réponse l'information comme quoi il a reçu la requête du drone D à 13h45m15.060s, utilisez la méthode de NTP (*a*, *b*, *ajustement*, *incertitude*, ...) pour calculer le décalage à appliquer à l'heure du drone, ainsi que l'intervalle d'incertitude sur cette valeur.

A time server S is used by drones to synchronize their clocks and carry out their task of planting 20 million trees.

The drone D sends a message to the server S at 13h45m05.100s and receives a response at 13h45m06.600s. The response indicates the time of the S server when it responded as 13h45m16.040s.

If the server S also provided in its response the information that it received the request of the drone D at 13h45m15.060s, use the method of NTP (*a*, *b*, *adjustment*, *uncertainty*, ...) to calculate the offset to apply to the time of the drone, as well as the range of uncertainty on this value.

Question 17

Correct

Note de 8,00
sur 8,00

Soit les évènements suivants se produisant dans 4 drones
déployés pour planter 20 million d'arbres, et qui doivent se
synchroniser ensemble pour ce faire:

The following presents events occurring in 4 drones
deployed to plant 20 million of trees, and having to
synchronize between each other:

Drone D1	Drone D2
1. lecture	1. message Y envoyé à D4
2. écriture	2. écriture
3. message W reçu de D2	3. message W envoyé à D1
4. écriture	4. lecture
5. message X reçu de D3	5. écriture
6. message K envoyé à D2	6. message K reçu de D1
Drone D3	Drone D4
1. écriture	1. lecture
2. message Z reçu de D4	2. message Y reçu de D2
3. lecture	3. écriture
4. message X envoyé à D1	4. message Z envoyé à D3

Afin de comprendre l'ordre relatif des actions qui se
produisent au niveau des drones, et à l'aide des horloges
logiques vous proposez d'associer des vecteurs de
compteurs d'évènements à chaque évènement
($\langle D1, D2, D3, D4 \rangle$).

In order to understand the relative order of the actions
that occur for the drones, and with the help of the logical
clocks, you propose to associate vectors of event counters
with each event ($\langle D1, D2, D3, D4 \rangle$).

Complétez le tableau suivant pour indiquer les vecteurs de
compteurs d'évènements associés à chaque évènement
produit dans le système.

Complete the following table to indicate the event counter
vectors associated with each event produced in the
system.

Drone D1	Drone D2
$\langle 1, 0, 0 \rangle$ lecture	$\langle 0, 1, 0 \rangle$ message Y envoyé à D4
$\langle 2, 0, 0 \rangle$ écriture	$\langle 0, 2, 0 \rangle$ écriture
$\langle 3, 3, 0 \rangle$ message W reçu de D2	$\langle 0, 3, 0 \rangle$ message W envoyé à D1
$\langle 4, 3, 0 \rangle$ écriture	$\langle 0, 4, 0 \rangle$ lecture
$\langle 5, 3, 4 \rangle$ message X reçu de D3	$\langle 0, 5, 0 \rangle$ écriture
$\langle 6, 3, 4 \rangle$ message K envoyé à D2	$\langle 6, 6, 4 \rangle$ message K reçu de D1
Drone D3	Drone D4
$\langle 0, 0, 1 \rangle$ écriture	$\langle 0, 0, 0 \rangle$ lecture

< 0 ✓ , 1 ✓ , 2
✓ , 4 ✓ >
message Z reçu
de D4

< 0 ✓ , 1 ✓ , 3
✓ , 4 ✓ >
lecture

< 0 ✓ , 1 ✓ , 4
✓ , 4 ✓ >
message X
envoyé à D1

< 0 ✓ , 1 ✓ , 0
✓ , 2 ✓ >
message Y reçu
de D2

< 0 ✓ , 1 ✓ , 0
✓ , 3 ✓ >
écriture

< 0 ✓ , 1 ✓ , 0
✓ , 4 ✓ >
message Z
envoyé à D3

Question 18

Terminer

Note de 10,00
sur 12,00

Vous devez planifier un nouveau centre de données et comparer différents scénarios. Vous avez déjà prévu examiner la performance des systèmes (et les revenus qu'on peut en tirer), le coût des ordinateurs, le coût du bâtiment ainsi que les coûts d'opération et de renouvellement des équipements, afin de déterminer le projet le plus rentable sur la durée de vie anticipée.

Devez-vous comme ingénieur aussi vérifier les aspects du développement durable de ce projet? Justifiez votre réponse en développant les trois points suivants:

1. Quelles sont les lois applicables?
2. Quelles sont les différentes phases du cycle de vie?
3. Quels sont les quatre différents types d'impact sur l'environnement?

You need to plan a new data center and compare different scenarios. You have already planned to examine the performance of the systems (and the revenues that can be derived from them), the cost of the computers, the cost of the building as well as the costs of operation and renewal of the equipment, in order to determine the project the most profitable over the anticipated life.

Do you, as an engineer, also check the sustainability aspects of this project? Justify your answer by developing the following three points:

1. What are the applicable laws?
2. What are the different phases of the life cycle?
3. What are the four different types of environmental impact?