



# Services de temps et de coordination

Exercices pour le Module 8

INF8480 Systèmes répartis et infonuagique

Michel Dagenais

École Polytechnique de Montréal  
Département de génie informatique et génie logiciel

# Services de temps et de coordination

---

## 1 Services de temps

## 2 Coordination



# Ralentir le temps

---

Pourquoi est-il déconseillé de remonter dans le temps? Comment se défaire d'une avance de 4 secondes en 8 secondes?



## Ralentir le temps

Pourquoi est-il déconseillé de remonter dans le temps? Comment se défaire d'une avance de 4 secondes en 8 secondes?

Plusieurs applications comme `make` se basent sur l'hypothèse que le temps avance toujours.

Soit  $S$  la bonne heure et  $S_1$  l'heure de l'ordinateur.

- Au moment présent,  $S = S_1 - 4$ .
- Dans 8 secondes, on veut que  $S + 8 = S_1 + c \times 8$ .
- Donc,  $S_1 - 4 + 8 = S_1 + 4 = S_1 + c \times 8$ , donc  $4 = c \times 8$ , et  $c = 0.5$ .
- Il faut donc faire avancer le temps à la moitié de sa vitesse normale pendant les 8 prochaines secondes.



## Ralentir le temps (2)

---

Comment se défaire d'une avance de 12 secondes en 16 secondes?



## Ralentir le temps (2)

Comment se défaire d'une avance de 12 secondes en 16 secondes?

Soit  $H_{\text{reel}}$  la bonne heure et  $H_{\text{ordi}}$  l'heure de l'ordinateur.

Soit  $c$  le facteur que l'on veut appliquer à chaque seconde qui passe pour pouvoir synchroniser l'heure de l'ordinateur  $H_{\text{ordi}}$  à l'heure réelle  $H_{\text{reel}}$ .

- Au moment présent,  $H_{\text{reel}} = H_{\text{ordi}} - 12$ .
- Dans 16 secondes, on veut que  $H_{\text{reel}} + 16 = H_{\text{ordi}} + c \times 16$ .
- Donc,  $H_{\text{ordi}} - 12 + 16 = H_{\text{ordi}} + 4 = H_{\text{ordi}} + c \times 16$ , donc  $4 = c \times 16$ , et  $c = \frac{4}{16} = \frac{1}{4} = 0.25$ .
- Il faut donc faire avancer le temps au quart de sa vitesse normale pendant les 16 prochaines secondes (il se passera 1 seconde pour l'ordi en 4 seconde réelles, et ce pendant 16 secondes réelles).

## Vous avez l'heure? \_\_\_\_\_

Trois messages pour connaître le temps sont envoyés et donnent: 10:54:23.674 en 22ms aller-retour, 10:54:25.450 en 25ms, et 10:54:28.342 en 20ms. Quel heure doit-on choisir pour ajuster l'horloge? Si on sait que le délai minimal de transmission est de 8ms dans chaque direction, que cela change-t-il?



## Vous avez l'heure?

Trois messages pour connaître le temps sont envoyés et donnent:  
10:54:23.674 en 22ms aller-retour, 10:54:25.450 en 25ms, et 10:54:28.342 en 20ms. Quel heure doit-on choisir pour ajuster l'horloge? Si on sait que le délai minimal de transmission est de 8ms dans chaque direction, que cela change-t-il?

On retient le message avec le plus petit temps d'aller-retour.

- Si le délai vers le serveur est 0, le temps reçu date de 20ms et l'heure devrait être de 10:54:28.362.
- Si le délai pour le retour est de 0, l'heure devrait être 10:54:28:342 telle que reçue.
- En supposant que le délai est symétrique, l'heure sera plutôt mise à  $10:54:28.342 + 20\text{ms}/2 = 10:54:28.352$ , avec une précision de  $\pm 10\text{ms}$ .

Si on sait que le délai est d'au moins 8ms dans chaque direction, cela enlève 8ms à l'imprécision qui devient  $\pm 2\text{ms}$ .





## Vous avez l'heure? (2)

Trois messages pour connaître le temps sont envoyés et donnent: 12:08:45.134 en 27ms aller-retour, 12:08:46.144 en 23ms, et 12:08:48.546 en 25ms. Quel heure doit-on choisir pour ajuster l'horloge? Si on sait que le délai minimal de transmission est de 10ms dans chaque direction, que cela change-t-il?



## Vous avez l'heure? (2)

Trois messages pour connaître le temps sont envoyés et donnent: 12:08:45.134 en 27ms aller-retour, 12:08:46.144 en 23ms, et 12:08:48.546 en 25ms. Quel heure doit-on choisir pour ajuster l'horloge? Si on sait que le délai minimal de transmission est de 10ms dans chaque direction, que cela change-t-il?

On retient le message avec le plus petit temps d'aller-retour.

- Si le délai vers le serveur est 0, le temps reçu date de 23ms et l'heure devrait être de 12:08:46.167.
- Si le délai pour le retour est de 0, l'heure devrait être 12:08:46.144 telle que reçue.
- Si le délai est symétrique, l'heure sera mise à  $12:08:46.144 + 23\text{ms}/2 = 12:08:46.1555$ , avec une précision de  $\pm 11.5\text{ms}$ .

Si le délai est d'au moins 10ms dans chaque direction, cela enlève 10ms à l'imprécision qui devient  $\pm 1.5\text{ms}$ .



## Calcul de décalage

Un serveur A échange des messages de temps avec un serveur B. B reçoit 16:34:13.430 de A à 16:34:23.480, et A reçoit 16:34:25.700 à 16:34:15.725. Quelles sont la différence et l'imprécision?



## Calcul de décalage

Un serveur A échange des messages de temps avec un serveur B. B reçoit 16:34:13.430 de A à 16:34:23.480, et A reçoit 16:34:25.700 à 16:34:15.725. Quelles sont la différence et l'imprécision?

- $a = 23.480 - 13.430 = 10.05$
- $b = 25.7 - 15.725 = 9.975$
- Le décalage est donc de:

$$\begin{aligned}\frac{a+b}{2} \pm \frac{a-b}{2} &= \frac{10.05+9.975}{2} \pm \frac{10.05-9.975}{2} \\ &= \frac{20.025}{2} \pm \frac{0.075}{2} \\ &= 10.0125 \pm .0375 \\ &\approx 10.013 \pm .038\end{aligned}$$



# Le choix d'un serveur de temps

---

Quelles sont les considérations importantes lors du choix d'un serveur NTP?



# Le choix d'un serveur de temps

Quelles sont les considérations importantes lors du choix d'un serveur NTP?

- Il faut un serveur précis, et à une courte distance sur le réseau pour minimiser l'imprécision apportée par le délai de transmission.
- Par contre, il faut aussi faire attention à ne pas être trop vulnérable. Si le serveur peut ne plus être disponible ou être compromis, il est bon d'avoir des moyens de vérification et de compensation: horloge locale, autres serveurs. . .



# Ajuster l'horloge

---

Comment peut-on améliorer la précision du temps si à chaque resynchronisation l'ajustement est sensiblement le même?



# Ajuster l'horloge

---

Comment peut-on améliorer la précision du temps si à chaque resynchronisation l'ajustement est sensiblement le même?

En mesurant le taux moyen d'ajustement requis (e.g. 2 secondes de retard par heure), il est possible d'ajouter un petit incrément au temps continuellement pour compenser un biais systématique dans l'horloge locale. Ceci peut augmenter sensiblement la précision résultante.





# Vérifier un état réparti

---

Un ensemble de processus  $p_0, p_1, p_2 \dots$  contiennent chacun une variable  $v$ , ( $v_0, v_1, v_2 \dots$ ). Peut-on déterminer si à un moment donné ces variables sont toutes égales, si les processus sont sur un seul processeur? Sur plusieurs ordinateurs?



## Vérifier un état réparti

Un ensemble de processus  $p_0, p_1, p_2 \dots$  contiennent chacun une variable  $v$ , ( $v_0, v_1, v_2 \dots$ ). Peut-on déterminer si à un moment donné ces variables sont toutes égales, si les processus sont sur un seul processeur? Sur plusieurs ordinateurs?

Sur un seul ordinateur, il est normalement possible d'avoir un verrou pour aller chercher le temps à chaque changement de la variable et de mémoriser les changements dans chaque processus. Il suffit alors de vérifier lorsque le temps progresse la valeur qu'avait chaque variable.

Dans un système réparti le tout est plus difficile. On pourrait avoir des changements avec notification synchrone à un processus de surveillance. Une notification asynchrone est beaucoup plus efficace mais il faudrait alors avoir des bornes sur les délais de transmission et possiblement sur les horloges internes pour avoir une réponse qui pourrait aller de oui, à peut-être, à non. D'autres combinaisons seraient possibles, par exemple avec l'envoi de messages entre les processus et des relations causales correspondantes.

# Services de temps et de coordination

---

① Services de temps

② Coordination



# Être ou ne pas être en panne

Peut-on construire un détecteur de pannes fiable à partir d'un canal de communication non fiable?



# Être ou ne pas être en panne

Peut-on construire un détecteur de pannes fiable à partir d'un canal de communication non fiable?

- Pour avoir un détecteur fiable, il faut un système synchrone et, normalement, un canal fiable.
- Ainsi, si aucune réponse ne parvient après un délai donné, il y a nécessairement une panne.
- Si le canal n'est pas fiable, il faudrait avoir une garantie du genre au moins un message sur 100 est transmis correctement pour être capable d'avoir une certitude qu'une panne a lieu.



## Serveur central mais ordre causal

Décrivez une situation où un serveur central d'exclusion mutuelle ne traite pas les requêtes en ordre causal.



## Serveur central mais ordre causal

Décrivez une situation où un serveur central d'exclusion mutuelle ne traite pas les requêtes en ordre causal.

- Un ordinateur  $A$  envoie une requête  $R_A$ , puis un message à un ordinateur  $B$ .
- $B$  envoie alors une requête  $R_B$ .
- Il pourrait arriver que les délais différents ou retransmissions fassent que  $R_B$  arrive avant  $R_A$  au serveur.



## Chef intérimaire permanent

---

Dans l'algorithme *Bully*, un serveur de haute priorité qui revient d'une panne déclenche une nouvelle élection. Est ce nécessaire?





## Chef intérimaire permanent

Dans l'algorithme *Bully*, un serveur de haute priorité qui revient d'une panne déclenche une nouvelle élection. Est ce nécessaire?

- Si le numéro de priorité reflète la qualité de l'ordinateur (performance), il se peut que cela soit souhaitable.
- Autrement, il y a un coût inutile à faire une élection et transférer la coordination à un nouveau serveur.
- L'algorithme peut facilement être modifié pour que le serveur qui revient vérifie si un serveur de plus haute ou de plus basse priorité est actif et le laisse continuer.



# Exclusion mutuelle

---

Entre l'exclusion mutuelle par serveur central, celle en anneau et celle par envoi à tous, laquelle est préférable? Pourquoi?



## Exclusion mutuelle

Entre l'exclusion mutuelle par serveur central, celle en anneau et celle par envoi à tous, laquelle est préférable? Pourquoi?

- L'exclusion mutuelle par serveur central ne demande que 2 messages pour acquérir un verrou et n'est pas sensible aux pannes des clients qui ne possèdent pas de verrou. C'est la plus intéressante.
- L'exclusion mutuelle par envoi à tous est très sensible à la panne de chaque client et demande  $2(n - 1)$  messages pour acquérir un verrou.
- L'exclusion mutuelle en anneau n'offre pas les mêmes propriétés (premier arrivé, premier servi) que les méthodes précédentes, est sensible à la panne de chaque client, et demande des messages même en l'absence de demande de verrou.

