

LA COHÉRENCE DANS LES APPLICATIONS MULTIMÉDIA INTERACTIVES ET DISTRIBUÉES: DU CONCERT RÉPARTI SUR INTERNET AUX JEUX MULTI-JOUEURS EN RÉSEAU

Nicolas Bouillot

CEDRIC-CNAM
292 rue St Martin
75141 Paris Cedex 03

NFP111 - 2006/2007

1 INTRODUCTION

- Qu'est-ce qu'une AMID ?
- Problématique

2 MODÈLES ET PROTOCOLES DE COHÉRENCE POUR LES AMID

- Modèles de cohérence issus des MRP
- Modèle d'exécution des AMID
- Les critères
- La cohérence perceptive

3 ET LA NOTION D'ORDRE DANS TOUS ÇA ?

- L'historique
- La causalité
- La linéarisabilité

4 CONCLUSION SUR LES MODÈLES

LES AMID

UNE APPLICATION MULTIMÉDIA INTERACTIVE ET DISTRIBUÉE (AMID)

est une application faisant collaborer en temps réel et à l'aide d'un réseau un ensemble d'utilisateurs géographiquement distants.

Exemples :

la réalité augmentée, la réalité virtuelle, les jeux vidéo, les Performances Musicales Interactives et Distribuées (PMID), le théâtre virtuel, les groupwares interactifs, les simulations militaires coopératives, les espaces partagés...

PROBLÉMATIQUE : TENIR COMPTE DES PARAMÈTRES PSYCHO-PERCEPTIFS

“Les interactions en utilisateurs distant doivent être les plus proches possibles de celles de la vie quotidienne (sentiments de co-présence et de collaboration)”

Une solution générale, fournir des simulacres :

- Simulacres sociaux : smiley (messagerie instantanée), radar (jeux de tirs)...
- Simulacres sensoriels : image, son, système haptique ...
- **Simulacres représentatifs** : profondeur, spatialisation, **temporalité des événements**...

Quels sont les critères temporels que l'application doit respecter pour fournir des simulacres représentatifs réalistes ? (critères de cohérence orientés utilisateur)

LA TEMPORALITÉ DES ÉVÉNEMENTS

Dans les applications de Mémoires Réparties Partagées (MRP) :

- Respecter l'ordre des opérations effectuées relativement au principe d'exécution des programmes (lectures/écritures, séquentialité, causalité, ...)

Dans les AMID, il faut tenir compte de l'utilisateur et de sa **perception temporelle** des événements. Nos propositions de critères (exemples avec un jeu de course automobile) :

- **L'instantanéité** : l'utilisateur doit avoir le sentiment que son joystick contrôle la voiture (*temps de réponse, effet immédiat*)
- **La Δ légalité** : la vitesse d'une voiture doit être la même pour tous les joueurs
- **La simultanité** : les collisions sont correctement détectées (même position, même direction, même vitesse) si à un instant donné, les deux voitures sont à des places suffisamment proches

1 INTRODUCTION

- Qu'est-ce qu'une AMID ?
- Problématique

2 MODÈLES ET PROTOCOLES DE COHÉRENCE POUR LES AMID

- Modèles de cohérence issus des MRP
- Modèle d'exécution des AMID
- Les critères
- La cohérence perceptive

3 ET LA NOTION D'ORDRE DANS TOUS ÇA ?

- L'historique
- La causalité
- La linéarisabilité

4 CONCLUSION SUR LES MODÈLES

1 INTRODUCTION

- Qu'est-ce qu'une AMID ?
- Problématique

2 MODÈLES ET PROTOCOLES DE COHÉRENCE POUR LES AMID

- Modèles de cohérence issus des MRP
- Modèle d'exécution des AMID
- Les critères
- La cohérence perceptive

3 ET LA NOTION D'ORDRE DANS TOUS ÇA ?

- L'historique
- La causalité
- La linéarisabilité

4 CONCLUSION SUR LES MODÈLES

UN MODÈLE POUR LES AMID

NOTATION INSPIRÉE DU MODÈLE DES MÉMOIRES RÉPARTIES PARTAGÉES (MRP) :

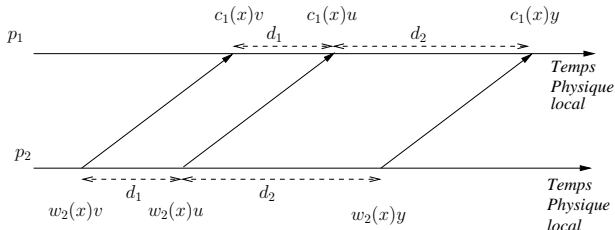
- $P = (p_1, \dots, p_n)$ un ensemble de processus
- $X = (x_1, \dots, x_m)$ un ensemble fini d'instances de média
- $c_i(x)v$ correspond à la notification de mise à jour (opération *catch* ou *handle*) d'une valeur v sur l'objet x par le processus p_i ,
 $w_i(x)v$ à une écriture (*write*)
- t_i est l'horloge physique locale du processus p_i ,
 $t_i(w_i(x)v)$ la date locale de l'opération d'écriture de v par p_i

LA Δ LÉGALITÉ

Intuitivement, la Δ légalité répercute les délais entre deux écritures vers leurs opérations *handle* respectives.

- en cas de média isochrones (audio/vidéo)
- en cas de respect de contraintes physique (ex : vitesse d'un objet)

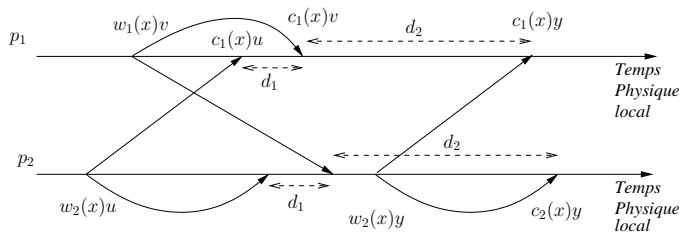
Implicitement, la Δ légalité définit une latence constante entre chacune des paires de processus.



LA SIMULTANÉITÉ

Intuitivement : le délais relatifs entre deux opérations *handle* est le même pour toutes les répliques.

- Musique interactive (tempo commun)
- Positions de deux voitures quand l'une d'elle franchit la ligne d'arrivée



L'INSTANTANÉITÉ

DÉFINITION (EFFET IMMÉDIAT) :

- Une opération *handle* $c_i(x)v$ est instantanée si et seulement si :
$$t(c_i(x)v) - t(w_i(x)v) \leq \tau_{resp}(x)$$
- Où τ_{resp} est le délai toléré par un utilisateur entre une action et sa perception
- Voir travaux de Steinmetz

UNE LIMITE PHYSIQUE AUX DÉLAIS DE TRANSMISSION : LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

Couple de ville	Distance en km	Temps du parcours en ms
Lille - Perpignan	883	2,94
Miami - Seattle	5 309	17,7
circonférence terrestre/2	20 000	66,6

L'impossibilité de l'instantanéité dépend du réseau (charge, distance, etc) sur lequel est déployé l'application !

1 INTRODUCTION

- Qu'est-ce qu'une AMID ?
- Problématique

2 MODÈLES ET PROTOCOLES DE COHÉRENCE POUR LES AMID

- Modèles de cohérence issus des MRP
- Modèle d'exécution des AMID
- Les critères
- La cohérence perceptive

3 ET LA NOTION D'ORDRE DANS TOUS ÇA ?

- L'historique
- La causalité
- La linéarisabilité

4 CONCLUSION SUR LES MODÈLES

LA COHÉRENCE PERCEPTIVE

DÉFINITION :

L'exécution répartie d'une AMID est perceptive cohérente si et seulement si elle est simultanée et Δ légale

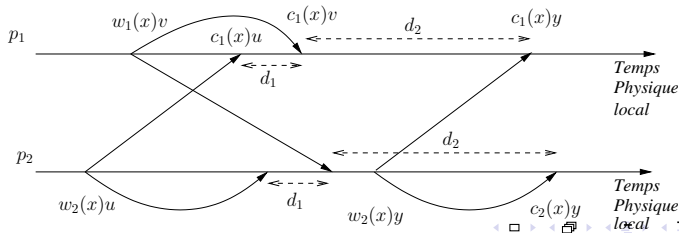
LA COHÉRENCE PERCEPTIVE ET L'INSTANTANÉITÉ

DÉFINITION L'INSTANTANÉITÉ :

L'instantanéité caractérise le fait qu'une écriture locale est notifiée localement avant un délais correspondant à une limite perceptive de l'utilisateur (noté $\tau_{resp}(x)$ pour une instance de média x).

LIMITES DE L'INSTANTANÉITÉ (OÙ TEMPS DE RÉPONSE)

Si une exécution répartie est perceptive cohérente, alors elle permet l'instantanéité si les latences réseaux prises en compte pour la Δ légalité sont inférieures à $\min_{i=1}^m(\tau_{resp}x_i)$.



- 1 INTRODUCTION
 - Qu'est-ce qu'une AMID ?
 - Problématique
- 2 MODÈLES ET PROTOCOLES DE COHÉRENCE POUR LES AMID
 - Modèles de cohérence issus des MRP
 - Modèle d'exécution des AMID
 - Les critères
 - La cohérence perceptive
- 3 ET LA NOTION D'ORDRE DANS TOUS ÇA ?
 - L'historique
 - La causalité
 - La linéarisabilité
- 4 CONCLUSION SUR LES MODÈLES

NOTION D'ORDRE

RÉUTILISATION DES DÉFINITIONS CLASSIQUES (RAYNAL *et al.*) :

- h_i est l'ensemble des opérations effectuées par p_i
- $op1 \rightarrow_i op2$ signifie que $op1$ est exécuté avant $op2$ par p_i
- L'historique local \hat{h}_i est la séquence d'opérations exécutée par p_i , définissant l'ordre du processus p_i

ET DONC

L'historique \hat{H} d'une AMID est l'ordre partiel $\hat{H} = (H, \rightarrow_H)$ tel que :

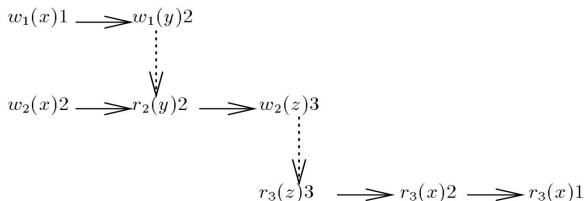
- $H = \bigcup_i h_i$
- $op1 \rightarrow_H op2$ si :
 - i) $\exists p_i : op1 \rightarrow_i op2$ (dans ce cas, la relation \rightarrow_H est appelée *process-order*)
 - ou ii) $op1 = w_i(x)v \wedge op2 = c_j(x)v$ (*handled-from*)
 - ou iii) $\exists op3 : op1 \rightarrow_H op3$ et $op3 \rightarrow_H op2$

DÉFINITION DE LA CAUSALITÉ

Définition (compatible avec le formalisme des AMID)

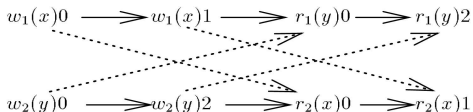
une opération $read\ r(x)v$ est causalement légale si : (i) $\exists w(x)v : w(x)v \rightarrow_H r(x)v$ et
 (ii) $\nexists op(x)u : (u \neq v) \wedge (w(x)v \rightarrow_H op(x)u \rightarrow_H r(x)v)$

Cette contrainte vient de la sémantique séquentielle dans la programmation (à chaque instruction, on suppose que la précédente a été effectuée)



Un historique causalement illégal

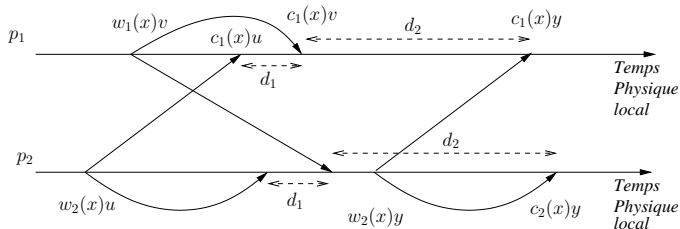
EXEMPLE : LA COHÉRENCE CAUSALE DANS LES MRP



Un historique causalement légal

LA COHÉRENCE PERCEPTIVE ET LA CAUSALITÉ

Un historique PC cohérent n'est pas causalement cohérent
 $(w_i(x)v \rightarrow_H c_i(x)u \rightarrow_H c_i(x)v)$



LA COHÉRENCE PERCEPTIVE ET L'ORDRE

NOUS AVONS UTILISÉ QUE DES HORLOGES LOCALES POUR SPÉCIFIER L'ANTÉRIORITÉ TEMPORELLE :

$$t_j(c_j(x)v) < t_j(c_j(x)u) \Leftrightarrow c_j(x)v \rightarrow_j c_j(x)u$$

DONC PAR DÉFINITION, SI UN HISTORIQUE \hat{H} EST SIMULTANÉ ALORS :

$$\forall c_j(x)v, c_j(x)u \in H \forall k : (c_j(x)v \rightarrow_j c_j(x)u) \Leftrightarrow (c_k(x)v \rightarrow_k c_k(x)u)$$

C'est équivalent au critère de **linéarisabilité**, donc pas de conflits entre opérations non commutatives (par exemple pour un jeu de course automobile, prendre la décision du premier à franchir une ligne d'arrivée).

- 1 INTRODUCTION
 - Qu'est-ce qu'une AMID ?
 - Problématique
- 2 MODÈLES ET PROTOCOLES DE COHÉRENCE POUR LES AMID
 - Modèles de cohérence issus des MRP
 - Modèle d'exécution des AMID
 - Les critères
 - La cohérence perceptive
- 3 ET LA NOTION D'ORDRE DANS TOUS ÇA ?
 - L'historique
 - La causalité
 - La linéarisabilité
- 4 CONCLUSION SUR LES MODÈLES

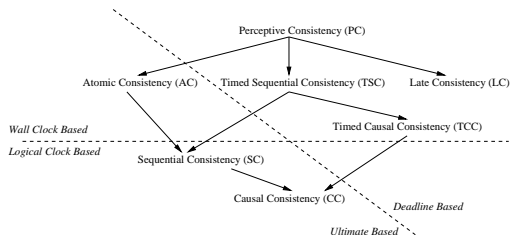
LES MODÈLES DE COHÉRENCE

Modèles	Simultanéité	Δ légalité	Instantanéité	δ légalité	Conflits	Causalité
Causale						oui
Séquentielle					oui	oui
Atomique					oui	oui
Causale temporelle	(non)			oui		oui
Séquentielle temporelle	(non)			oui	oui	oui
Retardée	(non)	oui	oui		(non)	(non)
Perceptive	oui	oui	(oui/non)		(oui)	(non)

oui : Le critère fait partie de la spécification

(oui) ou (non) : il est démontré dans la thèse que le critère est compatible (ou pas) à la spécification

FAMILLE DE MODÈLES : UNE CLASSIFICATION 1/2



EN FONCTION DES HORLOGES

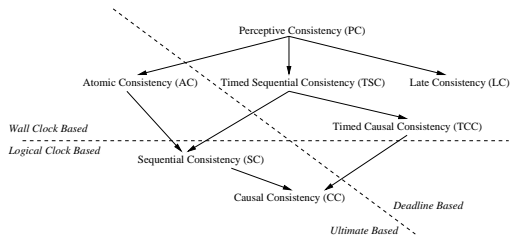
Wall clock based

- Le modèle utilise au moins une horloge physique
- Synchronisation des horloges (NTP, GPS ou autre)

Logical clock based

- L'horloge logique correspond à la numérotation des opérations
- Les horloges sont des compteurs, des vecteurs, de matrices ou autre

FAMILLE DE MODÈLES : UNE CLASSIFICATION 2/2



EN FONCTION DES HORLOGES

Ultimate based

- La lecture sera légale "un jour"
- Les protocoles peuvent être verbeux ou introduire des verrous

Deadline based

- Ajout de contraintes temporelles avec ou sans contrainte d'ordre
- Les protocoles sont optimistes

