

LA COHÉRENCE DANS LES APPLICATIONS MULTIMÉDIA INTERACTIVES : 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 **PROTOCOLE DE COHÉRENCE PERCEPTIVE**
 - Introduction
 - Protocoles à latences fixes
 - Un protocole adaptatif
- 2 **LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES JEUX EN LIGNE**
 - Problématique et solution
 - Le Dead Reckoning
- 3 **LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES PMID**
 - Principe des PMID
 - Le streaming et les incohérences
 - Application du protocole de cohérence perceptive
 - Expérience avec des utilisateurs
- 4 **CONCLUSION**
 - Bilan
 - Perspectives

PROPRIÉTÉS ATTENDUES

- Fournir la propriété de Δ **légalité**,
- Fournir la propriété de **simultanéité**,
- Conserver la **propriété d'ordonnement** qui découle de la Δ légalité et de la simultanéité,
- Minimiser les incohérences dues à la latence et les gérer quand elles surviennent. Compenser les **pertes**,
- Être complètement distribué,
- La **fréquence des écritures/notifications** peut être importante : Effectuer un traitement léger des opérations de notification, i.e. peu coûteux en messages de synchronisation et en calculs.

- 1 **PROTOCOLE DE COHÉRENCE PERCEPTIVE**
 - Introduction
 - Protocoles à latences fixes
 - Un protocole adaptatif
- 2 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES JEUX EN LIGNE
 - Problématique et solution
 - Le Dead Reckoning
- 3 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES PMID
 - Principe des PMID
 - Le streaming et les incohérences
 - Application du protocole de cohérence perceptive
 - Expérience avec des utilisateurs
- 4 CONCLUSION
 - Bilan
 - Perspectives

PROTOCOLES À LATENCE FIXE POUR TOUS

Proposé pour Mimaze (jeu FPS avec multicast) par Gautier et Diot en 1998
et proposé par Mauve en 2001.

PRINCIPE

- Soit T l'horloge universelle (synchronisée de façon absolue et sans dérive)
- $\forall j : T(c_j(x)v) = d + T(w(x)v)$ (\Rightarrow retard local)
- $100ms < d < 150ms$ pour conserver l'instantanéité

\Rightarrow ne tient pas compte des délais réseaux et des spécificités des médias !

\Rightarrow problèmes lors du déploiement

- 1 **PROTOCOLE DE COHÉRENCE PERCEPTIVE**
 - Introduction
 - Protocoles à latences fixes
 - Un protocole adaptatif
- 2 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES JEUX EN LIGNE
 - Problématique et solution
 - Le Dead Reckoning
- 3 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES PMID
 - Principe des PMID
 - Le streaming et les incohérences
 - Application du protocole de cohérence perceptive
 - Expérience avec des utilisateurs
- 4 CONCLUSION
 - Bilan
 - Perspectives

UN PROTOCOLE ADAPTATIF - PHASE D'INITIALISATION

Autre approche : obtenir la Δ légalité avec "mesure" du réseau, puis calculer les retard locaux en fonction du processus le plus tardif.

DEUX PHASES

- Initialisation : chacun envoie des données aux autres pour mesurer les délais des horloges, puis chacun envoie ses mesures. Ensuite chacun peut retarder les notifications en tenant compte de la latence des autres
- Traitement des notifications (opérations handles) : appliquer le délais calculé pendant l'initialisation

PROTOCOLE ADAPTATIF - PHASE D'INITIALISATION

Construction du vecteur local : tenir compte des délais du réseau pour obtenir la Δ légalité.

```
1  int vecteur_monID[n], initialisé à 0
2  Tant Que dimensionnement
3      Recevoir des notifications artificielles ( $w_i(x)u, t_i(w_i(x)u)$ ) des  $p_i$ 
4          Si  $DateCouranteLocale - t_i(w_i(x)u) > vecteur\_monID[i]$ 
5              Alors  $vecteur\_monID[i] := DateCourante - t_i(w_i(x)u)$ 
6      Fin Tant Que
7  Diffuser  $vecteur\_monID[n]$  à tous les  $p_i$ 
```

UN PROTOCOLE ADAPTATIF - PHASE D'INITIALISATION (SUITE)

Calcul des délais locaux à appliquer pour obtenir la simultanéité :

```

8   sync = false  variable de fin de calcul
9   diftemp[n]

10  recevoir les n vecteurs
11  Tant Que sync != true
12    Choisir p_ref comme max(p_x) avec 1 ≤ x ≤ n et
      p_x n'a jamais été choisi
13    Pour i de 1 à n
14      p_ajust := p_i
15      Pour j de 1 à n
16        diftemp[p_j] :=
          vecteur_j[p_ref] - vecteur_j[p_ajust]
17      Fin Pour
18      dif[p_i] := max(diftemp[p_j])
          j
19    Fin Pour ;
20    Si ∀ i ∈ [1 .. n] dif[p_i] > 0 Alors
21      sync := true
22      Pour i de 1 à n
23        ajust[p_i] := dif[p_i] -
          (vecteur_monID[p_ref] - vecteur_monID[p_i])
24      Fin Pour
25    Fin SI
26  Fin Tant Que
    
```

PROTOCOLE ADAPTATIF - TRAITEMENT DES MISES À JOUR

Durant l'exécution, les mises à jour sont prises en compte après un délai dépendant du délai calculé.

```

27  Tant Que (LesMessagesSontSupposesArriver)
28      Recevoir ( $w_i(x)u, t_i(w_i(x)u)$ ) de  $p_i$ 
29       $d = \text{DateCouranteLocale}$ 
30       $\text{écart} = d - t_i(w_i(x)u)$ 
31      Si  $\text{écart} \leq \text{vecteur}_{\text{monID}}[i] + \text{ajust}[p_i]$  Alors
32          Notifier  $c_{\text{monID}}(x)u$  à l'application lorsque
33               $t_{\text{monID}} == d$ 
                  $+ \text{vecteur}_{\text{monID}}[i] - \text{écart}$ 
                  $+ \text{ajust}[p_i]$ 
34      Sinon traiter ( $w_i(x)u, t_i(w_i(x)u)$ ) comme un message tardif
35  Fin Tant Que
  
```

CONCLUSION SUR LE PROTOCOLE

Les avantages du protocoles

- Les calculs coûteux sont effectués durant l'initialisation
- Durant l'exécution, pas de message de coordination, synchronisation ou de consensus
- La cohérence perceptive est obtenue aussi vite que le réseau le permet
- Fonctionne pour les médias discrets et continus

Les extensions possibles :

- Passage à l'échelle
- Auto adaptation
- Gestion dynamique des participants
- Contrôle d'accès

- 1 PROTOCOLE DE COHÉRENCE PERCEPTIVE
 - Introduction
 - Protocoles à latences fixes
 - Un protocole adaptatif
- 2 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES JEUX EN LIGNE
 - Problématique et solution
 - Le Dead Reckoning
- 3 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES PMID
 - Principe des PMID
 - Le streaming et les incohérences
 - Application du protocole de cohérence perceptive
 - Expérience avec des utilisateurs
- 4 CONCLUSION
 - Bilan
 - Perspectives

PROBLÉMATIQUE TEMPORELLE DANS LES JEUX EN LIGNE

PROBLÈME :

Certains jeux nécessitent à la fois l'instantanéité, la simultanéité et la Δ légalité !

SOLUTION :

Maintenir plusieurs états du jeu (idée de Cronin *et al.*, 2002) :

- L'état affiché est géré avec le mécanisme du Dead Reckoning (instantanéité mais incohérences)
- L'état perceptif cohérent (en retard par rapport à l'état affiché) permet de détecter des incohérences

En cas d'incohérence, il faut faire converger l'état affiché avec l'état cohérent

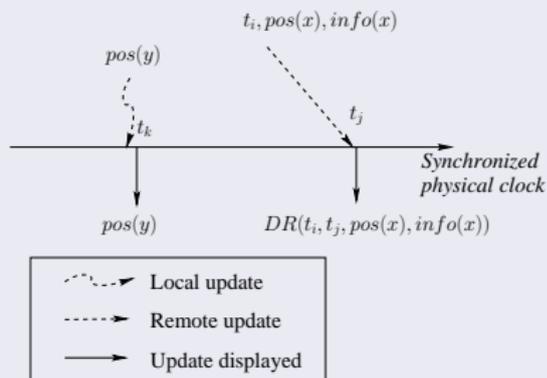
- 1 PROTOCOLE DE COHÉRENCE PERCEPTIVE
 - Introduction
 - Protocoles à latences fixes
 - Un protocole adaptatif
- 2 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES JEUX EN LIGNE
 - Problématique et solution
 - Le Dead Reckoning
- 3 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES PMID
 - Principe des PMID
 - Le streaming et les incohérences
 - Application du protocole de cohérence perceptive
 - Expérience avec des utilisateurs
- 4 CONCLUSION
 - Bilan
 - Perspectives

DEAD RECKONING (TEL QUE DÉCRIT PAR AGGARWAL *et al.* EN 2004)

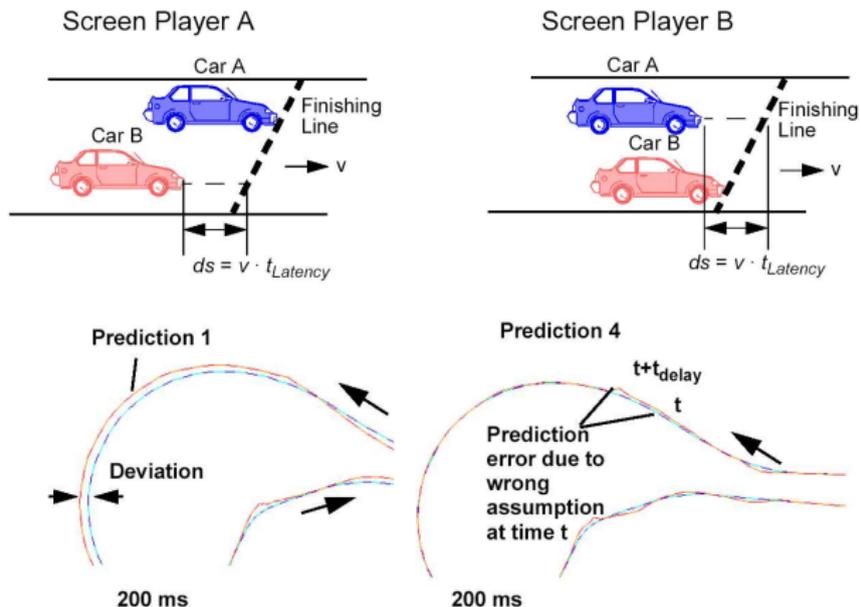
LE DEAD RECKONING ET LES PROPRIÉTÉS DE COHÉRENCE

Le DR permet d'économiser du débit et de maintenir un minimum de cohérence

- Conserve l'effet immédiat
- Conserve la Δ légalité (vitesse d'un objet)
- Ne conserve pas la propriété d'ordre (même ordre pour tous)
- Ne conserve pas la simultanéité



DEAD RECKONING : EXEMPLE



CONCLUSION SUR LES JEUX

LES AVANTAGES DE LA SOLUTION

- La cohérence perceptive est compatible avec le DR (utilisé actuellement dans les jeux)
- Il améliore la cohérence
- Il peut servir pour le contrôle d'accès au jeu à l'initialisation

LES AMÉLIORATIONS À APPORTER :

- Comment éviter l'utilisation d'un horloge globale pour le DR ?
- Comment détecter une divergence d'état ?
- Comment converger ?

- 1 PROTOCOLE DE COHÉRENCE PERCEPTIVE
 - Introduction
 - Protocoles à latences fixes
 - Un protocole adaptatif
- 2 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES JEUX EN LIGNE
 - Problématique et solution
 - Le Dead Reckoning
- 3 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES PMID
 - Principe des PMID
 - Le streaming et les incohérences
 - Application du protocole de cohérence perceptive
 - Expérience avec des utilisateurs
- 4 CONCLUSION
 - Bilan
 - Perspectives

DES CONTRAINTES TEMPORELLES SUR LES DONNÉES

TRADITIONNELLEMENT :

- Quand les musiciens sont dans la même pièce, ils s'entendent instantanément et simultanément
- L'oreille ne perçoit les décalages qu'à partir de 20ms

SUR UN RÉSEAU BEST EFFORT

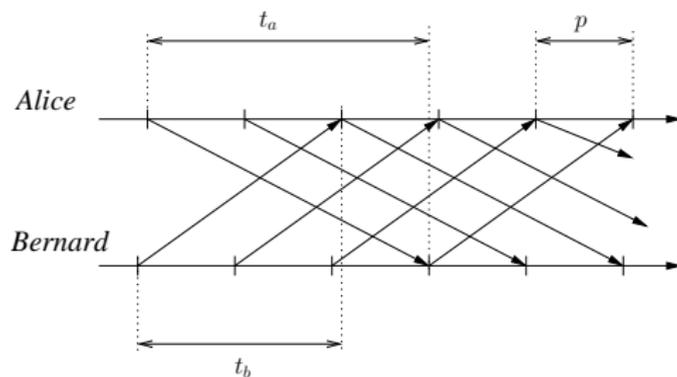
- Les latences sont généralement supérieures à 20 ms
- Il est impossible de transférer les données instantanément

- 1 PROTOCOLE DE COHÉRENCE PERCEPTIVE
 - Introduction
 - Protocoles à latences fixes
 - Un protocole adaptatif
- 2 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES JEUX EN LIGNE
 - Problématique et solution
 - Le Dead Reckoning
- 3 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES PMID
 - Principe des PMID
 - Le streaming et les incohérences
 - Application du protocole de cohérence perceptive
 - Expérience avec des utilisateurs
- 4 CONCLUSION
 - Bilan
 - Perspectives

LE STREAMING

Établir une communication “Live” : le streaming de données isochrones (PCM)

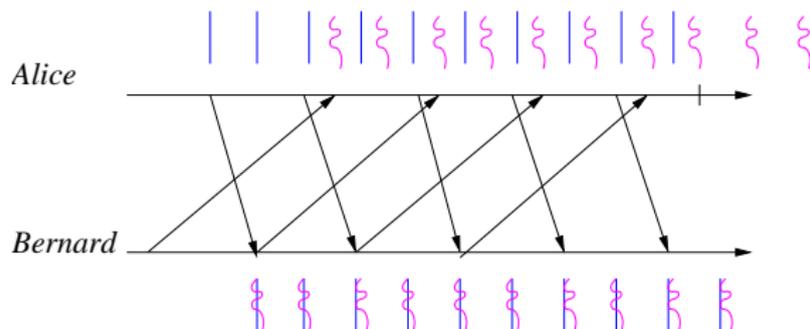
- L'acquisition, le transport, et la restitution des échantillons se font en direct (jMax, RTP, multicast)
- t_a , t_b sont des constantes (l'approche est optimiste)
- p la période d'échantillonnage



⇒ Δ légalité

JOUER AVEC UN SYSTÈME DE STREAMING : LES AMBIGUÏTÉS TEMPORELLES

Dans un système de Performance Musicales Interactives et Distribuées (PMID) non synchronisé :

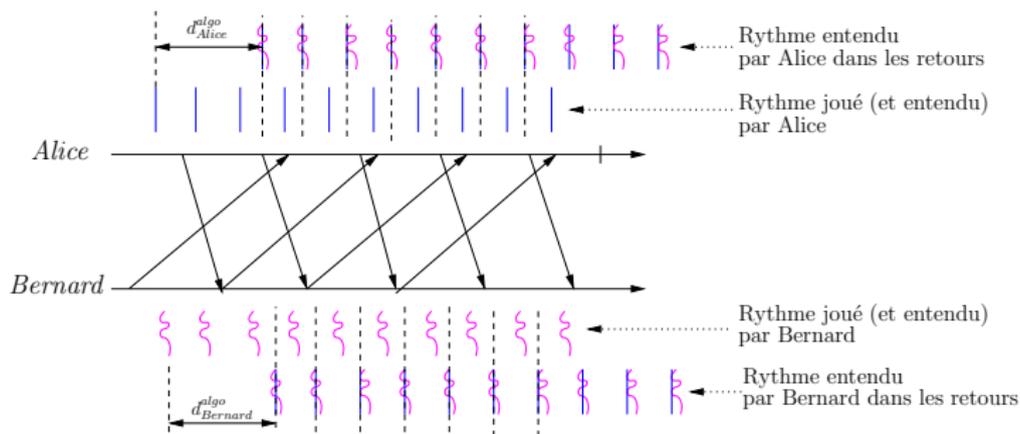


Le système de streaming correspond à la procédure de calcul des vecteurs locaux.

- 1 PROTOCOLE DE COHÉRENCE PERCEPTIVE
 - Introduction
 - Protocoles à latences fixes
 - Un protocole adaptatif
- 2 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES JEUX EN LIGNE
 - Problématique et solution
 - Le Dead Reckoning
- 3 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES PMID
 - Principe des PMID
 - Le streaming et les incohérences
 - Application du protocole de cohérence perceptive
 - Expérience avec des utilisateurs
- 4 CONCLUSION
 - Bilan
 - Perspectives

APPLICATION DU PROTOCOLE DE COHÉRENCE PERCEPTIVE

L'algorithme travaille sur les tampons audio (**simultanéité**)

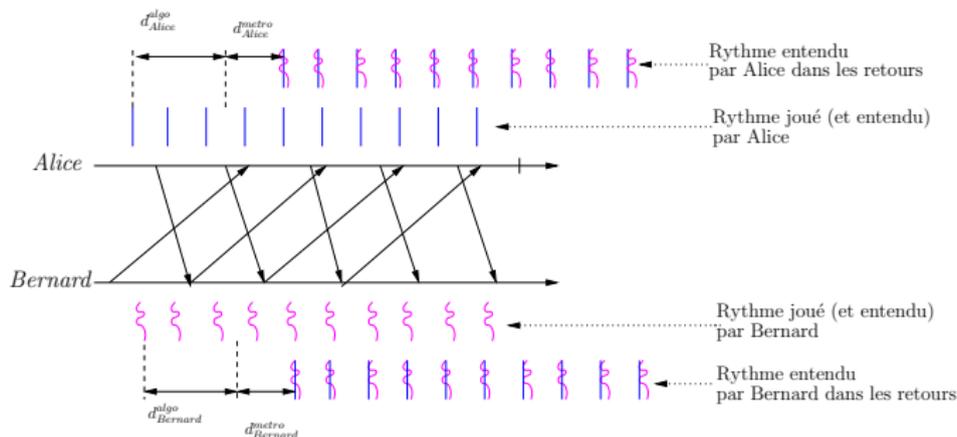


⇒ Nous avons la Δ légalité et la simultanéité, mais la musique jouée et entendue sont “déphasées”

APPLICATION DU PROTOCOLE DE COHÉRENCE PERCEPTIVE

Solution : remettre en phase l'entrée et la sortie :

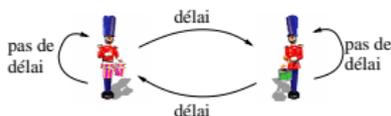
- Configuration du délai local par les musiciens : “180 bpm 12 noires”
- Proposition d'un métronome global pour aider les musiciens à anticiper le retard : $t_{ref}(w_{ref}(x_{ref})u) \text{ modulo } \delta_{metro} = 0$



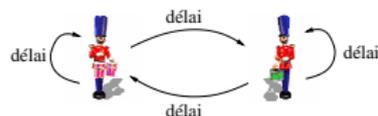
- 1 PROTOCOLE DE COHÉRENCE PERCEPTIVE
 - Introduction
 - Protocoles à latences fixes
 - Un protocole adaptatif
- 2 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES JEUX EN LIGNE
 - Problématique et solution
 - Le Dead Reckoning
- 3 LA COHÉRENCE PERCEPTIVE DANS LES PMID
 - Principe des PMID
 - Le streaming et les incohérences
 - Application du protocole de cohérence perceptive
 - Expérience avec des utilisateurs
- 4 CONCLUSION
 - Bilan
 - Perspectives

EXPÉRIENCE UTILISATEUR

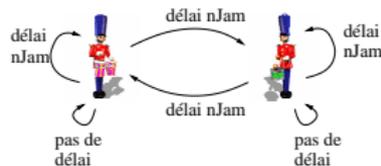
- Les études de la littérature fixent la faisabilité de l'interaction musicale distribuée à 65 ms de latence (E. Chew et N. Schuett). Nous allons montrer qu'elle est faisable avec des latences beaucoup plus importantes.
- Voici les configurations choisies pour l'installation des musiciens :



(a) La configuration de N. Schuett



(b) La configuration de E. Chew



(c) La configuration avec nJam

EXPÉRIENCE UTILISATEUR

Objectifs :

- Peut-on jouer de la musique avec une latence supérieure à 65ms (scénario 1)
- Le métronome est-il utile (scénario 2)
- Pour quel type de musique (scénario 3)

Pour les scénarios 1 et 2 :

- Nous avons imposé un motif musical aux musiciens
- Nous avons fait varier la latence :

Latence	300 ms	600 ms	2,4 s	7,2 s	9,6 s
Correspondant à	1 croche	1 noire	4 noires	12 noires	16 noires

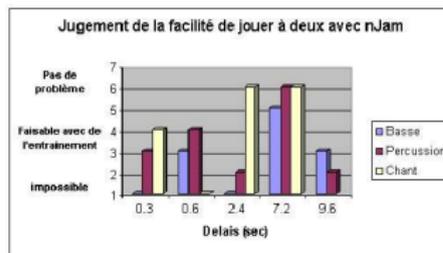
Troisième scénario :

- Pas de motif imposé
- Latence calculée en fonction du motif choisit pas les musiciens
- Chanson, métal, jazz, improvisation

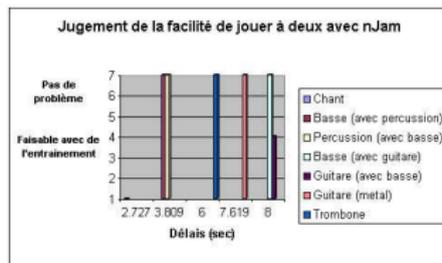
RÉSULTATS



(a) Motif imposé sans métronome



(b) Motif imposé avec métronome



(c) Motif libre avec métronome

BILAN

Modèles de cohérence des données Multimédia avec des critères psycho-perceptifs :

- Permet de spécifier des interactions fortement couplées, de type chorégraphique
- Permet de montrer la faisabilité de l'instantanéité sur un déploiement donné
- Permet de déduire des propriétés d'ordre (causalité, conflits)

BILAN

Protocoles de cohérence perceptive. Dans le domaine des jeux multijoueurs distribués :

- Compatible et complémentaire avec les techniques existantes
- Améliore la rapidité de détection des incohérences
- Il s'adapte aux différents types de réseaux

Dans le domaine des PMID, la cohérence perceptive s'adapte aux principes du "métier" :

- Contrôle du retard local par l'utilisateur, dans son langage
- Métronome global et distribué
- Validation pratique de la solution
- Permet l'interactivité musicale sur des réseaux à latences supérieures à 65ms

PERSPECTIVES

Conception d'AMID :

- Evolution du protocole de cohérence perceptive
- Disponibilité et le passage à l'échelle des systèmes de communication de groupe (Multicast, Pair à Pair)
- Ordonnancement système
- Intergiciel pour la conception d'AMID
- Synchronisation distribuée d'horloges conservant la propriété de simultanéité
- Trouver de nouveaux types d'interactions musicales

A moyen terme, les résultats pourront s'appliquer à d'autres domaines de recherches :

- Informatique industrielle
- Réalité virtuelle, réalité augmentée, Systèmes interactifs embarqués et mobiles

A long terme : enseignement, spectacle, sport, relations familiales, conception collaborative, ...

