

Géolocalisation et prédiction dans les réseaux Wi-Fi en intérieur

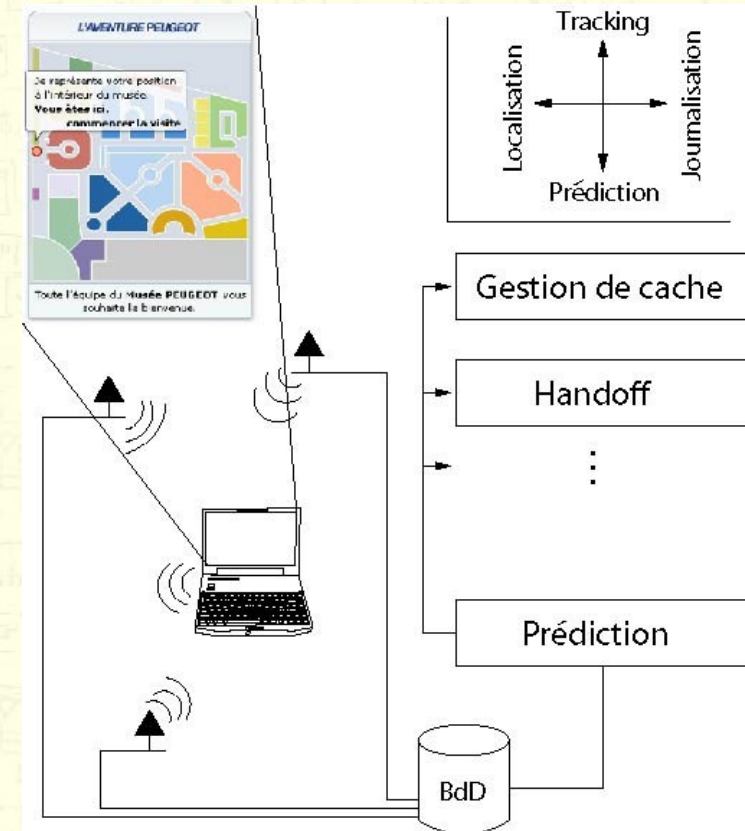
Frédéric Lassabe

Laboratoire d'Informatique de l'Université de Franche-Comté (LIFC – EA 4269)

21 avril 2009

Introduction

- Démocratisation des terminaux mobiles
- Réduction de l'encombrement
- Augmentation
 - Puissance de calcul
 - Autonomie
 - Stockage
- Développement des réseaux sans-fil
 - Couverture et disponibilité
 - Débits



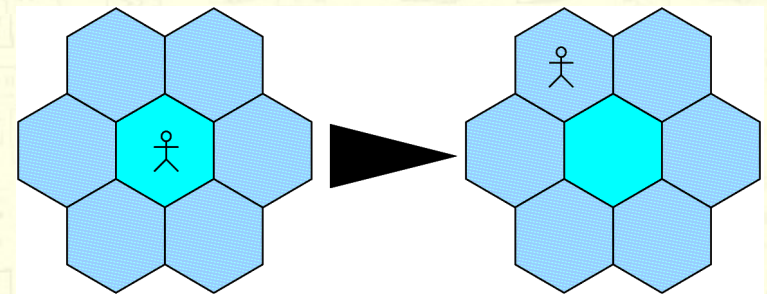
Applications *context-aware*

- Nouvelles applications
 - Contenus multimédia riches
 - Basées sur le contexte du terminal mobile
 - Fournies en mobilité
- Applications relatives au contexte, dont
 - Position géographique
 - Mode d'accès au réseau




Problématiques soulevées

- Géolocalisation
 - Déterminer la position du terminal
 - Extérieur : GNSS (Global Navigation Satellite System)
 - Intérieur : aucun système largement accessible
- Services en mobilité
 - Contenus multimédia
 - Données temps-réel
 - Interruptions visibles
 - Continuité de service
 - Requiert des handoffs
 - Changement d'équipement de connexion au réseau



Propositions

- Géolocalisation s'appuyant sur Wi-Fi 
 - Largement disponible actuellement
 - Couplage de la localisation et des communications
 - Communications bidirectionnelles
 - Débits pour le multimédia
 - Modèle hybride utilisant les puissances des signaux
- Anticipation des handoffs
 - Apprentissage de données collectées
 - Prédiction de la mobilité des terminaux
 - Modèles de Markov et réseaux bayésiens



Plan

- Géolocalisation basée sur Wi-Fi
 - État de l'art
 - Contributions : calibration et méthode hybride
 - Expérimentations
- Prédiction de la mobilité
 - État de l'art
 - Contributions : modèle de mobilité temporel
 - Expérimentation sur des données réelles
- Réalisations, expérimentations et applications

Géolocalisation Wi-Fi

- Utilisation de mesures
 - Temps requiert des horloges très précises
 - Rapport signal sur bruit dépend de 2 valeurs
 - **Utilisation de la puissance du signal**
- Deux familles de techniques se distinguent
 - Modélisation de la propagation des ondes radio
 - Calcul de distance basé sur la puissance mesurée
 - Calcul de la position par multilatération circulaire
 - Constitution d'une cartographie des puissances
 - Comparaison de mesures avec la cartographie pour localiser le terminal

Modélisation de la propagation

- Expression de la distance en fonction de la puissance du signal
- Basée sur

- Friis (Interlink Networks) : modification du degré (IN)

$$\frac{P_R}{P_T} = G_R G_T \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \xrightarrow{\text{IN}} \frac{P_R}{P_T} = G_R G_T \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \frac{1}{d^{3,5}}$$

- Régression polynômiale (Wang et al.)

- 2nd degré

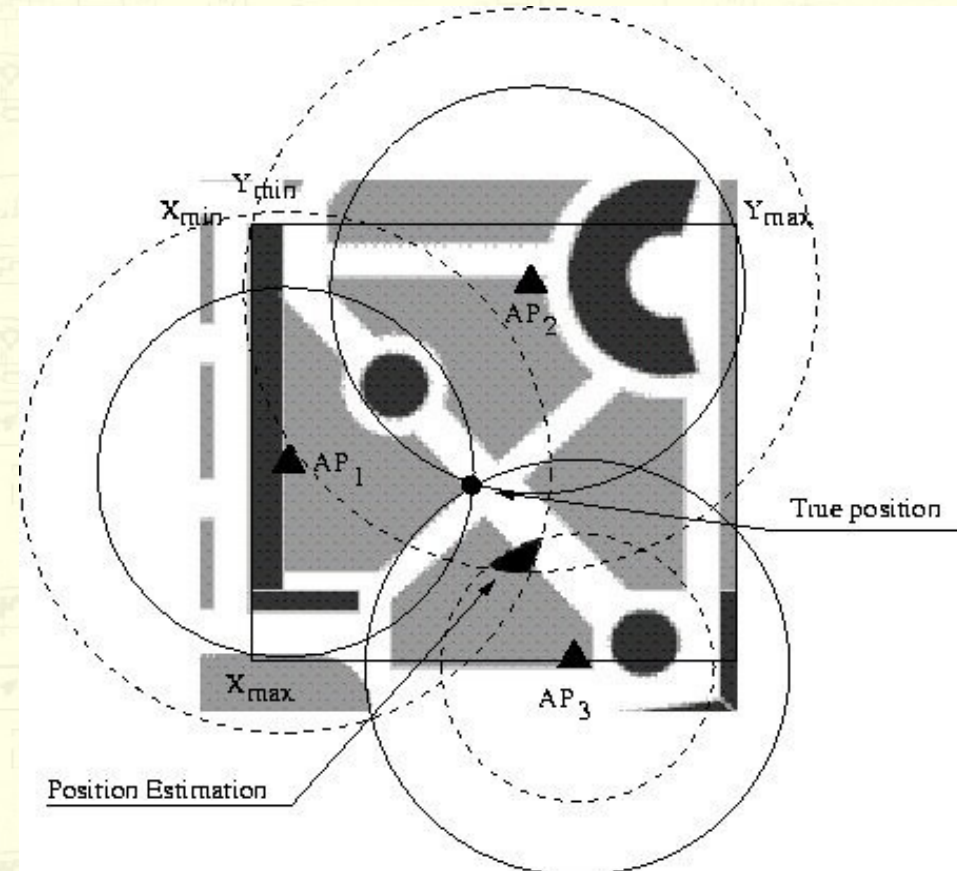
- Peu ou pas de mesures préalables requises
- Précision insuffisante sauf :

- Halls
- Extérieur

 P_T, G_T P_R, G_R 

Multilatération circulaire

- Calculer une position grâce aux distances par rapport à des points de coordonnées connues
 - Résolution exacte : distances exactes requises
 - Résolution approchée : distance estimées
 - Parfois aucune intersection
- Employée par le GPS
 - Résolue par la méthode des moindres carrés non linéaires



Constitution de la cartographie

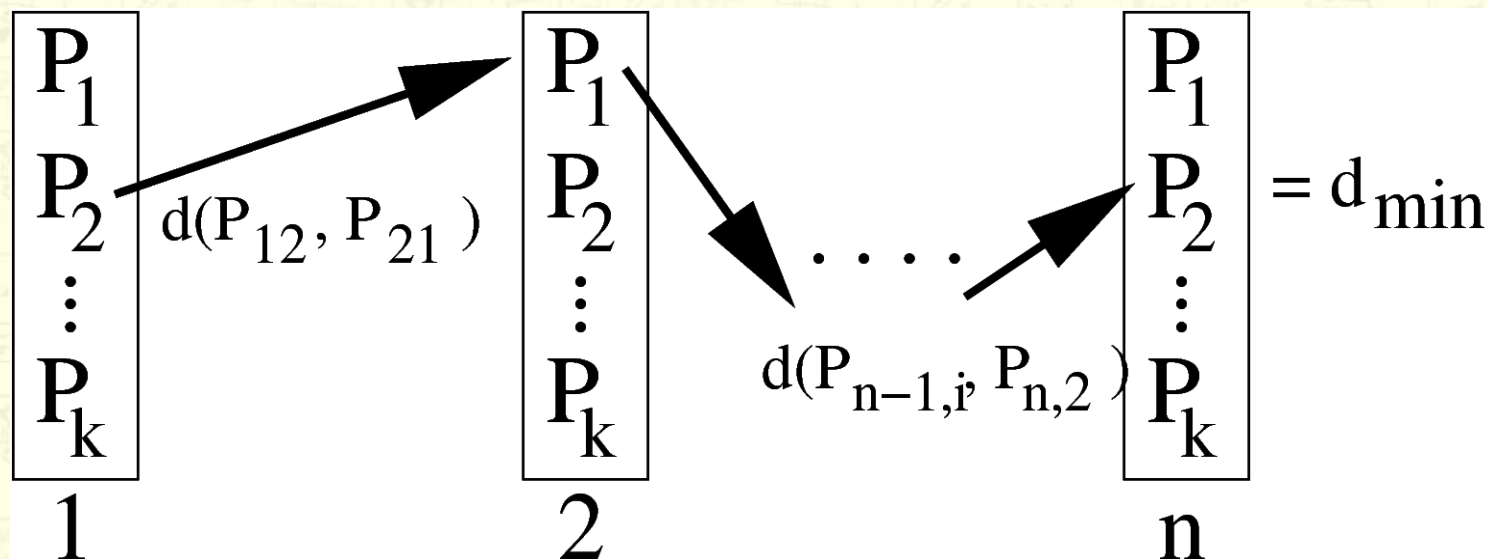
- Points de référence : coordonnées, puissances
- Construction par mesures (RADAR, Ekahau)
 - Positionner le terminal de mesure à un point connu
 - Enregistrement de la mesure
- Construction par simulation (RADAR, Runser et al., Baala et al.)
 - Modèle de propagation
 - Prise en compte des obstacles
 - Application aux points de référence

Application à la géolocalisation

- Comparaison d'une mesure avec la cartographie
 - Déterministe (RADAR)
 - Point le plus proche dans la BdD (espace des puissances)
 - K-points les plus proches, puis moyenne pondérée
 - Probabiliste (HORUS, Ekahau)
 - Agrégation de mesures et détermination de la loi suivie
 - Choix de la probabilité la plus élevée
- Inconvénients
 - Problème des ambiguïtés
 - Mesures ou calculs requis
- Avantages
 - Précision élevée (en fonction de la densité de la cartographie)

Élimination de positions ambiguës

- RADAR propose Viterbi-like
 - Suivi du terminal
- Historique d'un ensemble de positions
- Choix du chemin qui totalise la distance (euclidienne) la plus courte
 - Topologie non prise en compte



Analyse

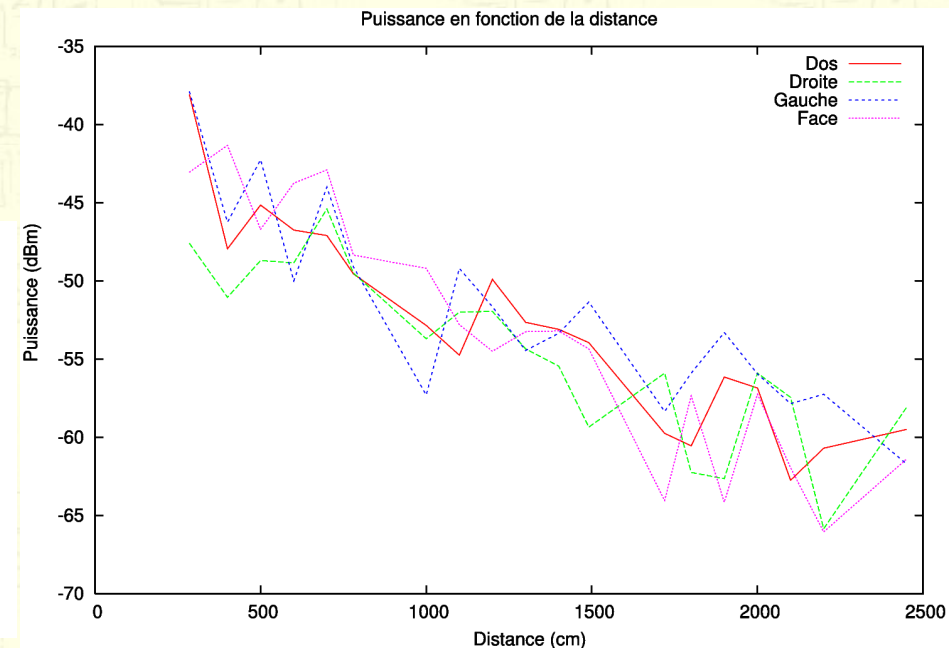
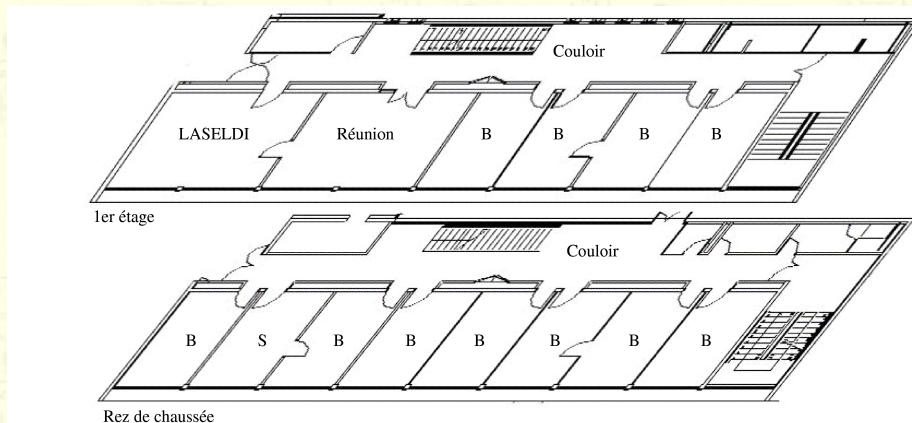
- Tous testés sur un seul étage : position 2D
- Non reproductibles à l'identique
- Propagation
 - Rapide à mettre en œuvre
 - Peu précis
 - Hétérogénéité de la topologie dans un bâtiment
- Cartographie
 - Très précis
 - Beaucoup de données
 - Mesures ou calculs
 - Peu dynamique

	Type	Erreur (m)	Coût	Extensibilité
RADAR	C	2 (moy.)	E	N
HORUS	C	1,8 (80%)	E	N
Ekahau	C	2,5 (moy.)	E	N
SNAP-WPS	P	3 (moy.)	F	O
IN	P	3 (moy.)	nul	O

Type : cartographie (C) ou propagation (P)
 Erreur : entre la position réelle et l'estimation
 Coût : élevé (E), faible (F) ou nul
 Extensibilité : (O/N)

Contributions : observations

- Interlink Networks basé sur Friis
 - Adapté aux bâtiments de test
 - Que se passe-t-il si un bâtiment est différent ?
 - Numérique
 - Topologie hétérogène
 - Variation du signal



Contributions : objectifs

- **Systeme de géolocalisation**
 - Intermédiaire de la cartographie et de la propagation du signal : compromis coût/précision
 - Requierit
 - Tenir compte de la topologie des bâtiments
 - Adapter le modèle
 - Globalement : modèle de Friis calibré (FBCM)
 - Localement : modèle hybride basé sur la cartographie et le FBCM (FRBHM)
 - Mobilité du terminal : modélisation de la topologie
 - Multilatération circulaire sans intersection
 - Plusieurs étages : position 3D
- **Tests en conditions identiques et mesures réelles**
 - Variation des paramètres (AP, maillage)

Friis-Based Calibrated Model

- FBCM
 - Calibration pour le bâtiment de mise en œuvre
 - Mesures dans chaque salle
 - Calcul d'un indice de Friis
 - Appliqué à la distance dans la formule de Friis
 - Moyenne sur l'ensemble des points de calibration
 - Une moyenne par AP
- Suppose une homogénéité globale du bâtiment
 - Globalement imprécis
 - Sauf topologie favorable
 - Localement vrai
- Multilatération

Résultats : comparaison des modèles basés sur la propagation

Statique (mesure par les AP)

3AP	IN	Cartographie	FBCM	FRBHM base
1m	12,41 (6,07)	5,54 (4,24)	9,78 (5,24)	5,94 (4,17)
2m	12,41 (6,07)	5,69 (4,35)	9,13 (4,81)	6,19 (4,18)
3m	12,41 (6,07)	5,88 (4,30)	11,09 (6,03)	6,23 (4,29)
4m (1ppp)	12,41 (6,07)	5,83 (4,31)	7,01 (3,37)	6,47 (4,26)

4AP	IN	Cartographie	FBCM	FRBHM base
1m	11,98 (5,58)	5,00 (3,53)	10,21 (5,48)	5,47 (3,37)
2m	11,98 (5,58)	4,90 (3,49)	9,60 (4,99)	5,44 (3,28)
3m	11,98 (5,58)	5,45 (3,59)	12,25 (6,17)	5,62 (3,37)
4m (1ppp)	11,98 (5,58)	5,29 (3,50)	6,93 (3,31)	6,03 (3,14)

5AP	IN	Cartographie	FBCM	FRBHM base
1m	11,63 (5,30)	4,74 (3,24)	10,75 (5,69)	4,95 (2,72)
2m	11,63 (5,30)	4,48 (3,20)	10,10 (5,13)	4,79 (2,60)
3m	11,63 (5,30)	5,26 (3,35)	13,56 (6,02)	5,09 (2,77)
4m (1ppp)	11,63 (5,30)	5,03 (3,31)	7,00 (3,36)	5,94 (2,30)

En mobilité

#3 AP	Viterbi	FRBHM basique	FRBHM Continu
1	5,43	6,1	6,37
2	5,49	6,07	6,54
3	5,73	6,2	6,63
4	5,87	6,45	6,74

#4 AP	Viterbi	FRBHM basique	FRBHM Continu
1	4,93	5,51	5,74
2	4,85	5,2	5,65
3	5,23	5,33	5,92
4	5,18	5,8	6,32

#5 AP	Viterbi	FRBHM basique	FRBHM Continu
1	4,83	5,08	5,1
2	4,55	5,02	5,06
3	5,22	5,2	5,27
4	4,81	5,8	6,09

Statique (mesure par le mobile)

3AP	IN	Cartographie	FBCM	FRBHM base
1m	8,99 (4,32)	4,47 (4,09)	16,33 (6,10)	5,00 (3,76)
2m	8,99 (4,32)	5,57 (4,71)	16,20 (6,33)	4,51 (2,66)
3m	8,99 (4,32)	6,15 (5,15)	11,57 (5,16)	5,30 (3,98)
4m (1ppp)	8,99 (4,32)	7,78 (6,21)	5,92 (3,09)	5,87 (3,22)

Légende

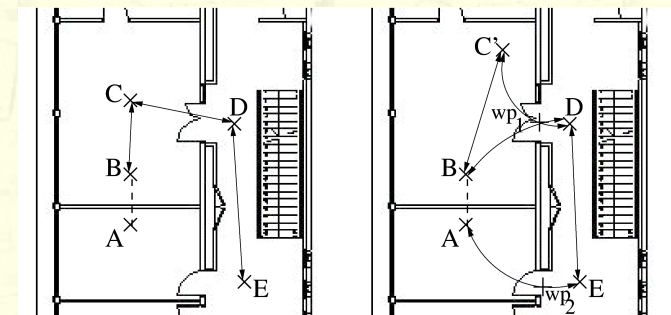
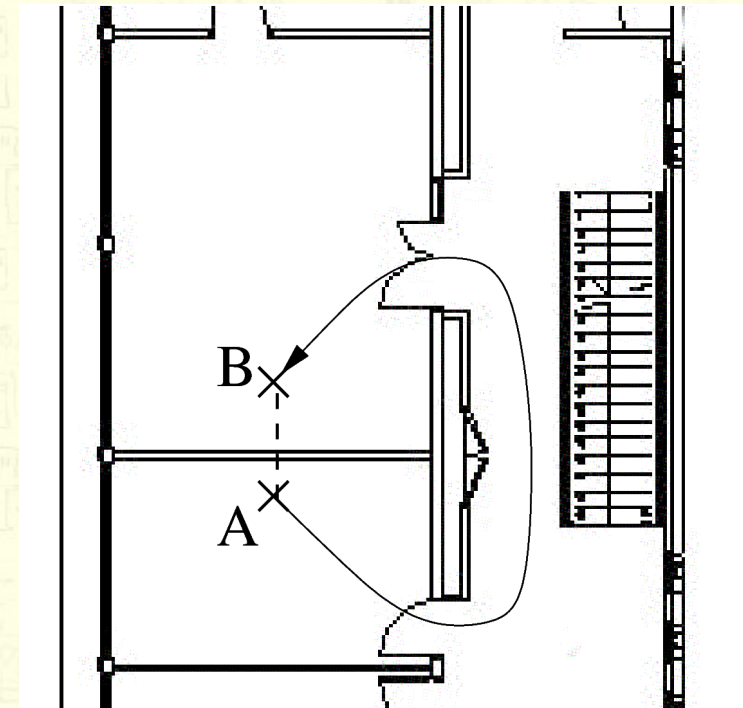
Erreurs en mètres :
moyenne (écart-type)

Modèle hybride

- Homogénéité locale
 - À l'échelle d'une salle
 - Même nombre de murs traversés
 - Un indice de Friis par AP
- Trouver quels indices utiliser
 - Utiliser les points de calibration comme cartographie des puissances
 - Recherche du plus proche
 - Puis calcul de la position
 - Estimation des distances par le FBCM
 - Multilatération circulaire

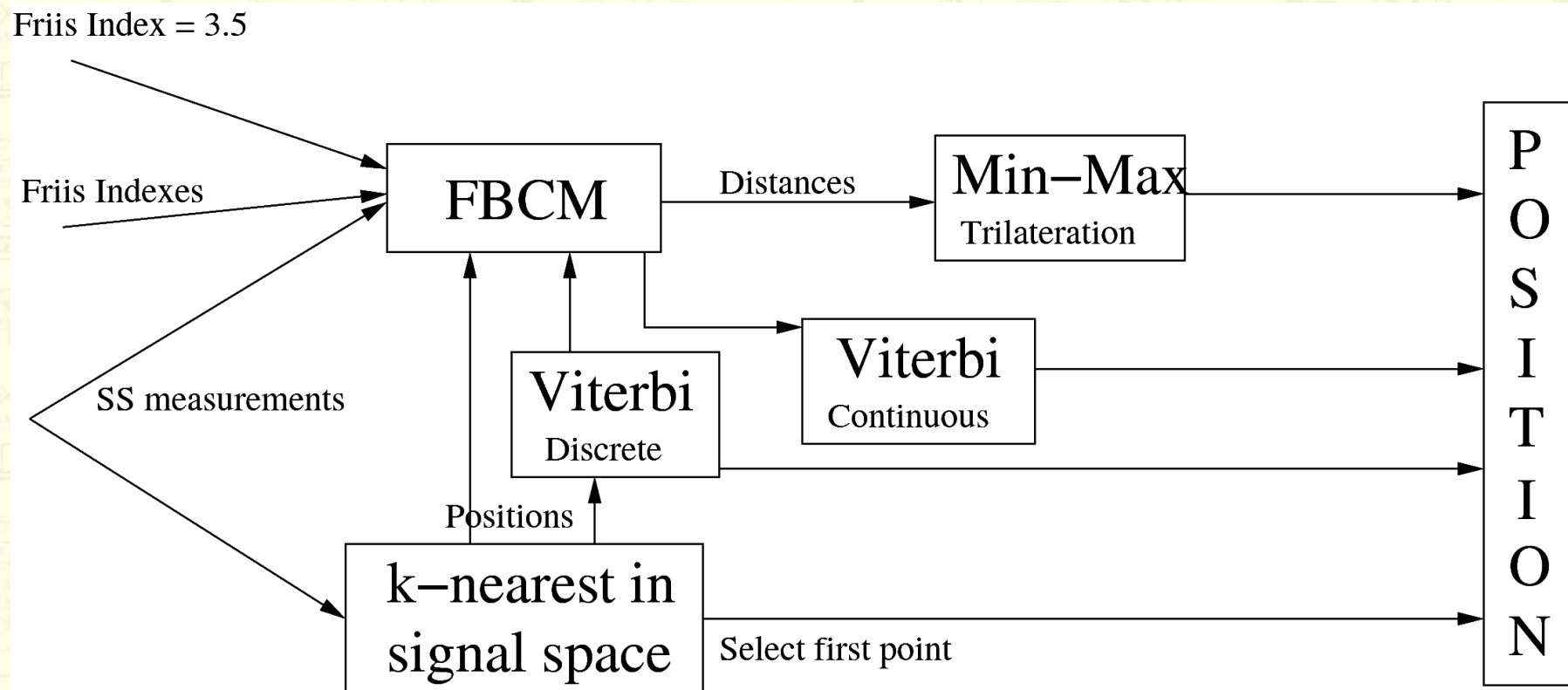
Suivi avec topologie

- Étape de recherche du point le plus proche dans l'espace des SS
- Viterbi-like dans RADAR
 - Minimiser la distance ensemble par ensemble
 - Distance euclidienne
- Traiter les obstacles ?
 - Graphe inter-points de référence
 - Graphe inter-zones (salles)



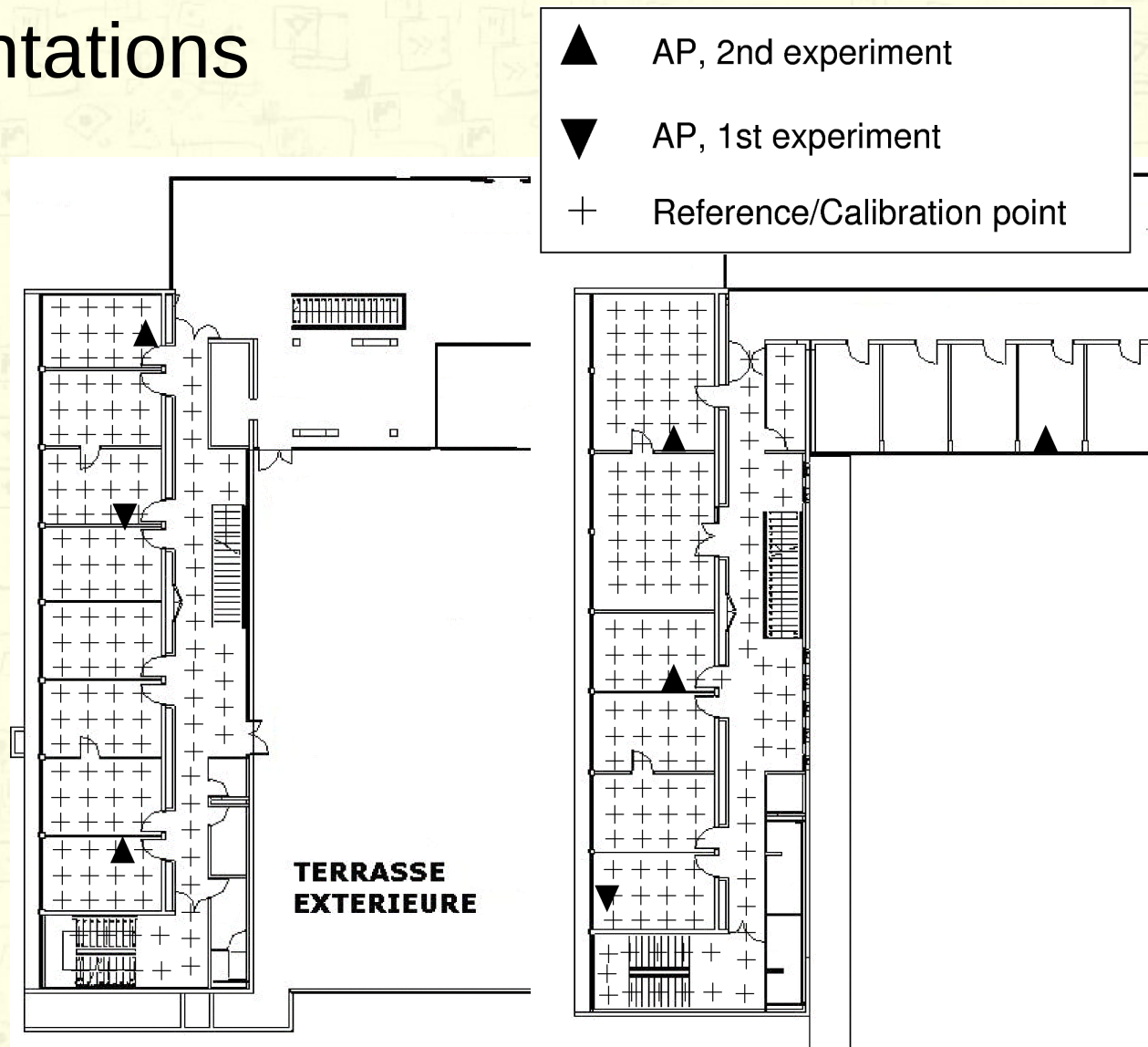
FRBHM : 3 variantes

- FRBHM basique
- FRBHM avec topologie
- FRBHM continu



Expérimentations

- Deux expérimentations
 - Mesure par le mobile
 - Mesure par les AP
- Banc d'essais
 - Numérique
 - Deux étages



Méthodes et paramètres testées

- Contributions
- Travaux représentatifs de l'état de l'art
 - Cartographie (suivi), IN
- Critères de comparaison
 - Moyenne et écart-type de l'erreur
 - Distance euclidienne entre la position réelle et la position évaluée par le système
- Tests
 - Statique
 - En mobilité

Résultats : modèles avec cartographie

Statique (mesure par les AP)

3AP (avg)	IN	Cartographie	FBCM	FRBHM base
1m	12,41 (6,07)	5,54 (4,24)	9,78 (5,24)	5,94 (4,17)
2m	12,41 (6,07)	5,69 (4,35)	9,13 (4,81)	6,19 (4,18)
3m	12,41 (6,07)	5,88 (4,30)	11,09 (6,03)	6,23 (4,29)
4m (1ppp)	12,41 (6,07)	5,83 (4,31)	7,01 (3,37)	6,47 (4,26)

4AP (avg)	IN	Cartographie	FBCM	FRBHM base
1m	11,98 (5,58)	5,00 (3,53)	10,21 (5,48)	5,47 (3,37)
2m	11,98 (5,58)	4,90 (3,49)	9,60 (4,99)	5,44 (3,28)
3m	11,98 (5,58)	5,45 (3,59)	12,25 (6,17)	5,62 (3,37)
4m (1ppp)	11,98 (5,58)	5,29 (3,50)	6,93 (3,31)	6,03 (3,14)

5AP (avg)	IN	Cartographie	FBCM	FRBHM base
1m	11,63 (5,30)	4,74 (3,24)	10,75 (5,69)	4,95 (2,72)
2m	11,63 (5,30)	4,48 (3,20)	10,10 (5,13)	4,79 (2,60)
3m	11,63 (5,30)	5,26 (3,35)	13,56 (6,02)	5,09 (2,77)
4m (1ppp)	11,63 (5,30)	5,03 (3,31)	7,00 (3,36)	5,94 (2,30)

En mobilité

#3 AP	Viterbi	FRBHM basique	FRBHM Continu
1	5,43	6,1	6,37
2	5,49	6,07	6,54
3	5,73	6,2	6,63
4	5,87	6,45	6,74

#4 AP	Viterbi	FRBHM basique	FRBHM Continu
1	4,93	5,51	5,74
2	4,85	5,2	5,65
3	5,23	5,33	5,92
4	5,18	5,8	6,32

#5 AP	Viterbi	FRBHM basique	FRBHM Continu
1	4,83	5,08	5,1
2	4,55	5,02	5,06
3	5,22	5,2	5,27
4	4,81	5,8	6,09

Statique (mesure par le mobile)

3AP (avg)	IN	Cartographie	FBCM	FRBHM base
1m	8,99 (4,32)	4,47 (4,09)	16,33 (6,10)	5,00 (3,76)
2m	8,99 (4,32)	5,57 (4,71)	16,20 (6,33)	4,51 (2,66)
3m	8,99 (4,32)	6,15 (5,15)	11,57 (5,16)	5,30 (3,98)
4m (1ppp)	8,99 (4,32)	7,78 (6,21)	5,92 (3,09)	5,87 (3,22)

Légende

Erreurs en mètres :
moyenne (écart-type)

Résultats : mobile en mouvement

Statique (mesure par les AP)

3AP (avg)	IN Cartographie		FBCM FRBHM base	
1m	12,41 (6,07)	5,54 (4,24)	9,78 (5,24)	5,94 (4,17)
2m	12,41 (6,07)	5,69 (4,35)	9,13 (4,81)	6,19 (4,18)
3m	12,41 (6,07)	5,88 (4,30)	11,09 (6,03)	6,23 (4,29)
4m (1ppp)	12,41 (6,07)	5,83 (4,31)	7,01 (3,37)	6,47 (4,26)

4AP (avg)	IN Cartographie		FBCM FRBHM base	
1m	11,98 (5,58)	5,00 (3,53)	10,21 (5,48)	5,47 (3,37)
2m	11,98 (5,58)	4,90 (3,49)	9,60 (4,99)	5,44 (3,28)
3m	11,98 (5,58)	5,45 (3,59)	12,25 (6,17)	5,62 (3,37)
4m (1ppp)	11,98 (5,58)	5,29 (3,50)	6,93 (3,31)	6,03 (3,14)

5AP (avg)	IN Cartographie		FBCM FRBHM base	
1m	11,63 (5,30)	4,74 (3,24)	10,75 (5,69)	4,95 (2,72)
2m	11,63 (5,30)	4,48 (3,20)	10,10 (5,13)	4,79 (2,60)
3m	11,63 (5,30)	5,26 (3,35)	13,56 (6,02)	5,09 (2,77)
4m (1ppp)	11,63 (5,30)	5,03 (3,31)	7,00 (3,36)	5,94 (2,30)

En mobilité

#3 AP	Viterbi	FRBHM basique	FRBHM Continu
1	5,43	6,1	6,37
2	5,49	6,07	6,54
3	5,73	6,2	6,63
4	5,87	6,45	6,74

#4 AP	Viterbi	FRBHM basique	FRBHM Continu
1	4,93	5,51	5,74
2	4,85	5,2	5,65
3	5,23	5,33	5,92
4	5,18	5,8	6,32

#5 AP	Viterbi	FRBHM basique	FRBHM Continu
1	4,83	5,08	5,1
2	4,55	5,02	5,06
3	5,22	5,2	5,27
4	4,81	5,8	6,09

Statique (mesure par le mobile)

3AP (avg)	IN Cartographie		FBCM FRBHM base	
1m	8,99 (4,32)	4,47 (4,09)	16,33 (6,10)	5,00 (3,76)
2m	8,99 (4,32)	5,57 (4,71)	16,20 (6,33)	4,51 (2,66)
3m	8,99 (4,32)	6,15 (5,15)	11,57 (5,16)	5,30 (3,98)
4m (1ppp)	8,99 (4,32)	7,78 (6,21)	5,92 (3,09)	5,87 (3,22)

Légende

Erreurs en mètres :
moyenne (écart-type)

Analyse des résultats

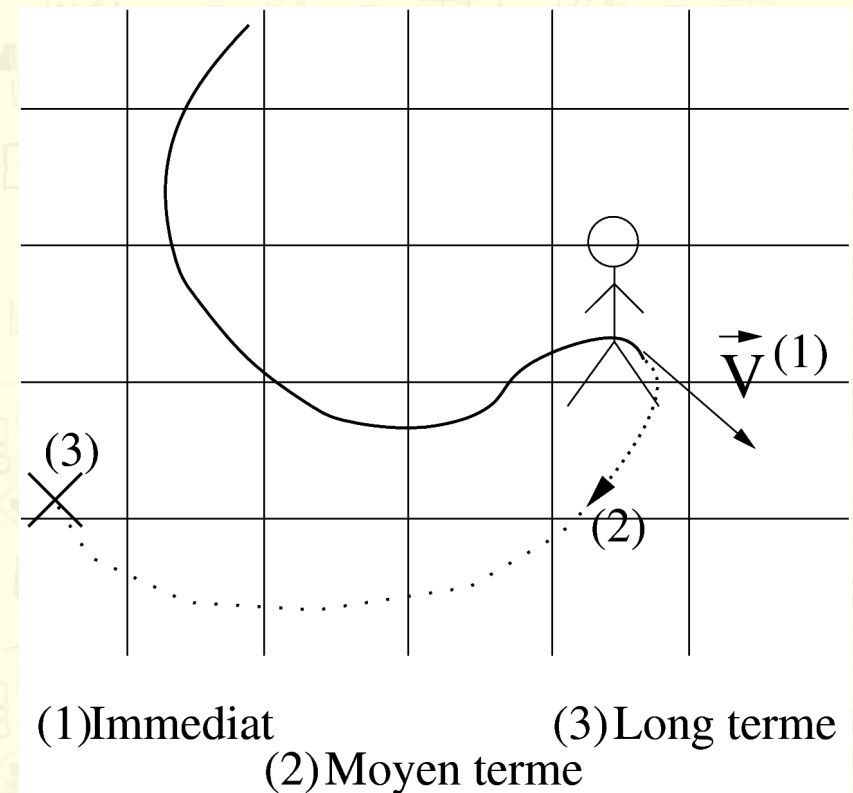
- Modèles basés sur la cartographie plus précis
 - Cartographie seule
 - Modèles hybrides
- Modèles basés sur la propagation
 - Peu précis
- Viterbi-like
 - Problème du bâtiment
 - Trop petit pour la mobilité

Géolocalisation : conclusion

- Propositions
 - FBCM (WoWMoM05) et FRBHM (PCAC06)
 - Combiner les méthodes
 - Prise en compte de la topologie (ANT09)
 - Propagation : calibration
 - Suivi du terminal : Viterbi-like
 - Multilatération
 - Validation : développement et tests (JDIR09)
 - Incluant l'état de l'art
 - Calcul sur plusieurs étages (3D)
- Service en fonction de la position et handoff

Prédiction de la mobilité

- Diffusion de contenus multimédia riches
- Anticipation du handoff : continuité des services
 - Suivi et apprentissage
- Identifier des profils
 - Historique
- Dans un espace d'états discrets
 - Cellules (zones de couverture)
 - Salles (objets)
- Court terme (trajectoire)
- Moyen terme (états)
- Long terme

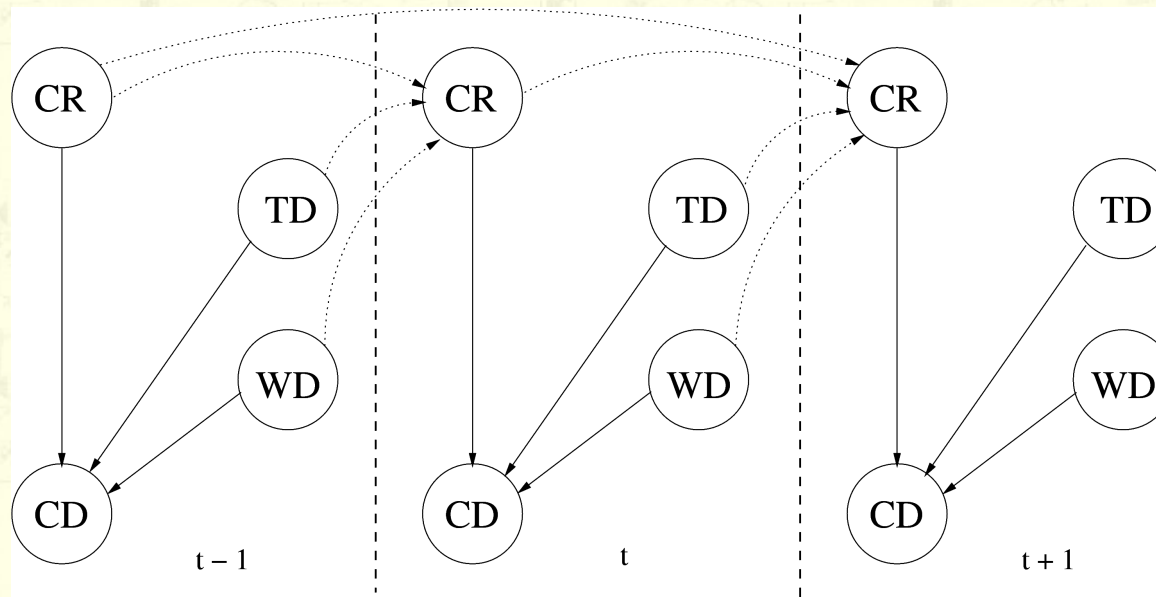


Modèles de Markov

- Beaucoup utilisés pour la prédiction de cache
 - Processus stochastique sans mémoire
 - États et transitions (probabilités)
 - Pas d'historique : état suivant en fonction de l'état courant (Sarrukai)
 - Comment intégrer l'historique ? (Pitkow & Pirolli)
 - Étiquettes des états (logiques)
 - Séquences d'états (physiques)
 - Sémantiquement : historique plus long
 - Point de vue du MM : un seul état

Réseaux bayésiens

- Dépendances entre les événements (Petzold et al.)
 - Calcul des probabilités
 - Réduit le nombre de combinaisons



Légende :

- CR : position
- TD : heure
- WD : jour
- CD : durée

Analyse

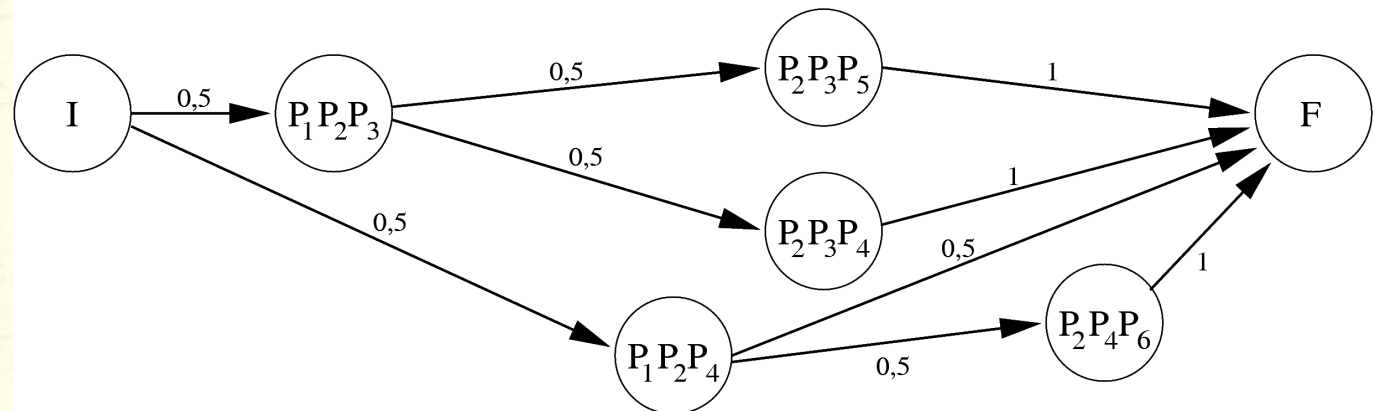
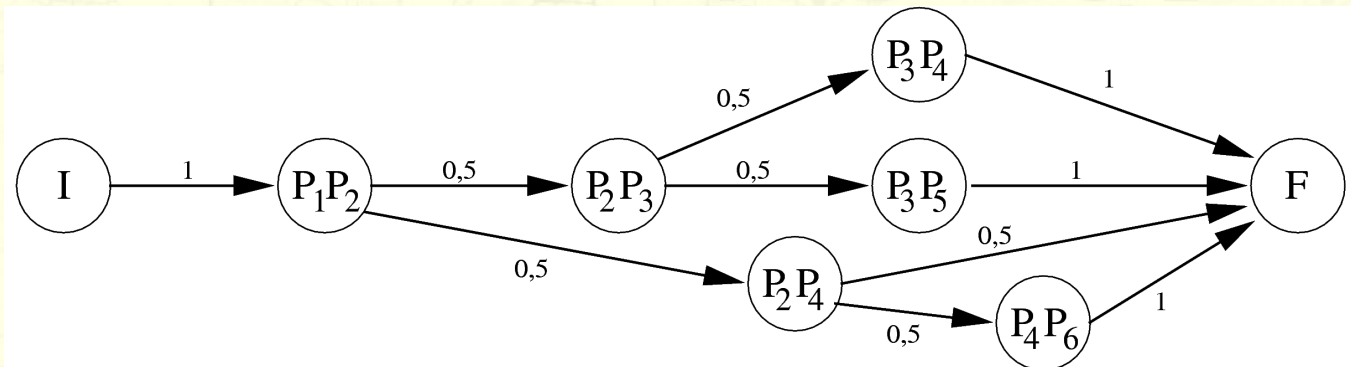
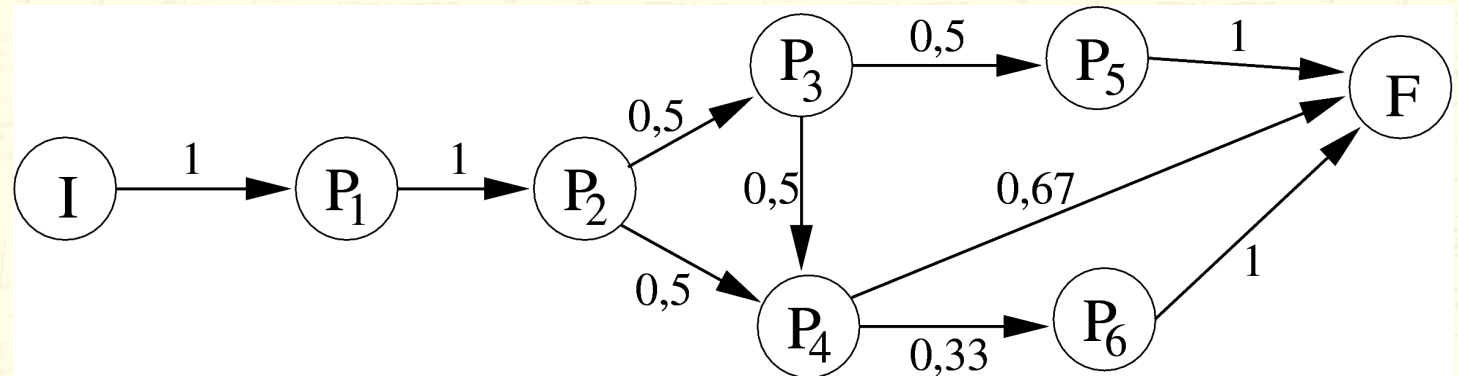
- Modèles de Markov
 - États, transitions
 - Sans prise en compte du temps
 - Important dans le cadre de la mobilité
 - Modèle efficace pour apprendre les pérégrinations
- Réseau bayésien
 - Inclure plusieurs observations
 - Temps
 - Lieux
- Choix du successeur le plus probable

Modèle de prédiction de la mobilité

- Anticiper les handoffs
 - Optimisation de la bande passante
- Prise en compte du temps
 - *Handoff* dans un délai utile
- Historique de taille variable
- Précision
 - Ne pas choisir les mauvais candidats
- Apprentissage
 - Se baser sur des données passées
 - En déduire des comportements futurs
 - Modèles bayésiens et markoviens

Modèles *k-past*, *k-to-1-past*(*)

	Sequence
1	P1, P2, P3, P4
2	P1, P2, P3, P5
3	P1, P2, P4, P6
4	P1, P2, P4



Construction

- Modèles de Markov d'ordres 1 à K
 - Jours et heures ajoutés aux étiquettes
- Usage simple : *k-past*
- Agrégation des modèles
 - Résultat du modèle de plus grand ordre : *k-to-1-past*
 - Utilisation de tous les résultats de tous les modèles : *k-to-1-past**
- Délai
 - Attente pour déclencher le handoff

```
CONSTRUIT_MATRICE_OCCURRENCES( $E_k$ , liste_k_uplets, k)
1   $O_k$  : matrice carrée d'entiers
2  source, destination : k-uplets
3  i, j, k : entier
4  destination  $\leftarrow$  liste_k_uplets[0]
5  for i  $\leftarrow$  1 to longueur(liste_k_uplets)
6  do source  $\leftarrow$  destination
7     destination  $\leftarrow$  liste_k_uplets[i]
8     if destination[0]  $\neq$   $\epsilon$ 
9         then j  $\leftarrow$  indice_etat( $E_k$ , source)
10            k  $\leftarrow$  indice_etat( $E_k$ , destination)
11             $O_k[j][k] \leftarrow O_k[j][k] + 1$ 
12  return  $O_k$ 
```

Choix des candidats au handoff

- Politique de handoff basée sur les probabilités de transition
- Seuil de déclenchement
- Déclenchement du handoff pour tout état dont la probabilité est supérieure au seuil
 - Solution : un ensemble d'états
- Valeur du seuil
 - Entre 0 et 1
 - Plus il est haut, moins il y a de choix
 - 0 : handoff vers tous les voisins

Expérimentations

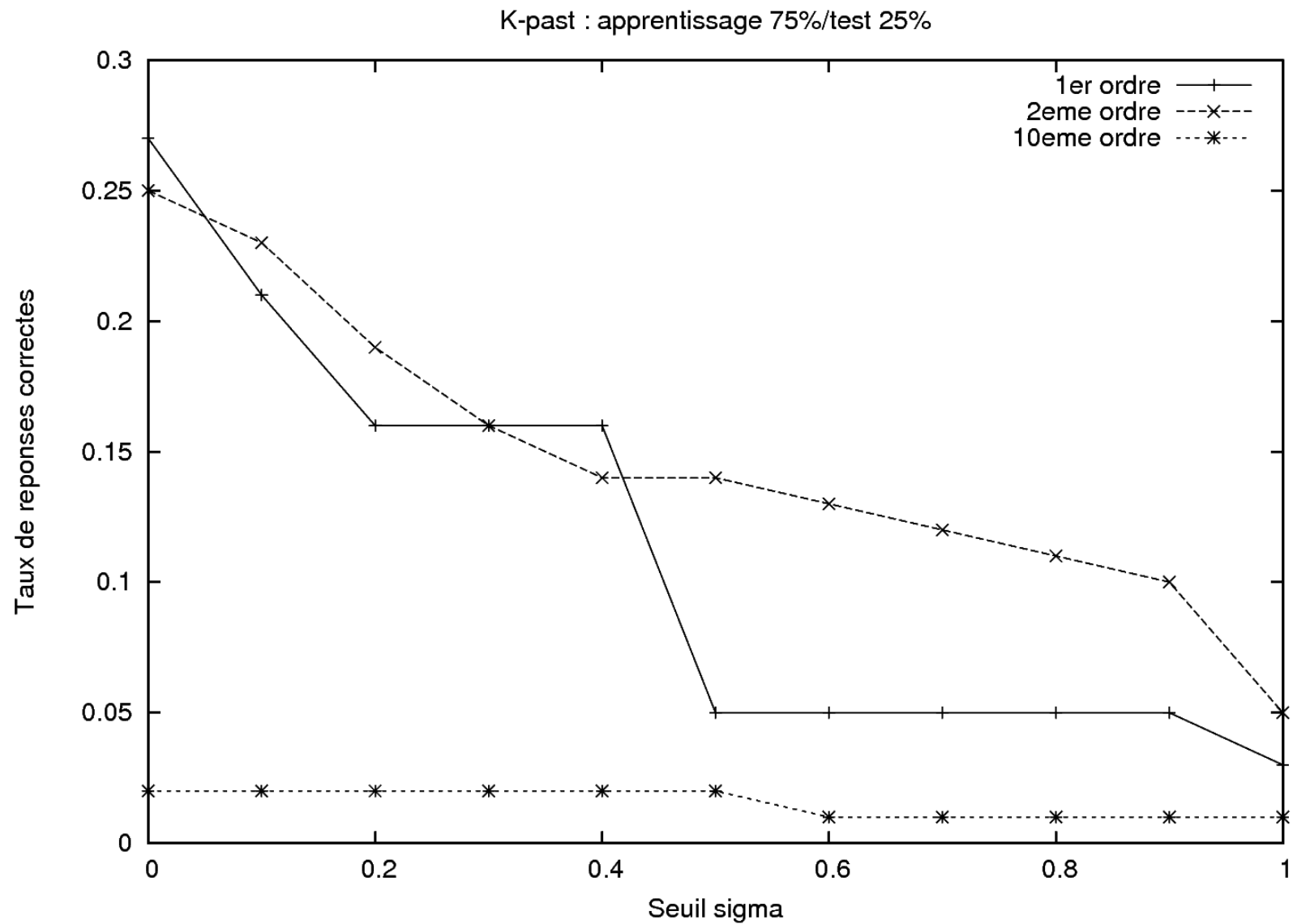
- Expérimentations sur deux jeux de données
 - Institut d'informatique pervasive d'Augsburg¹
 - Pérégrinations entre des bureaux
 - Saisie sur PDA
 - Nokia Context Data
 - Données de suivi d'un terminal GSM + divers capteurs
 - Intérieur et extérieur (usage d'un GSM)
 - Données dont
 - Date
 - BTS
 - Cellule

¹ J. Petzold. Augsburg indoor location tracking benchmarks. Tech. Report 2004-9, Institute of Computer Science, University of Augsburg, Germany, February 2004.

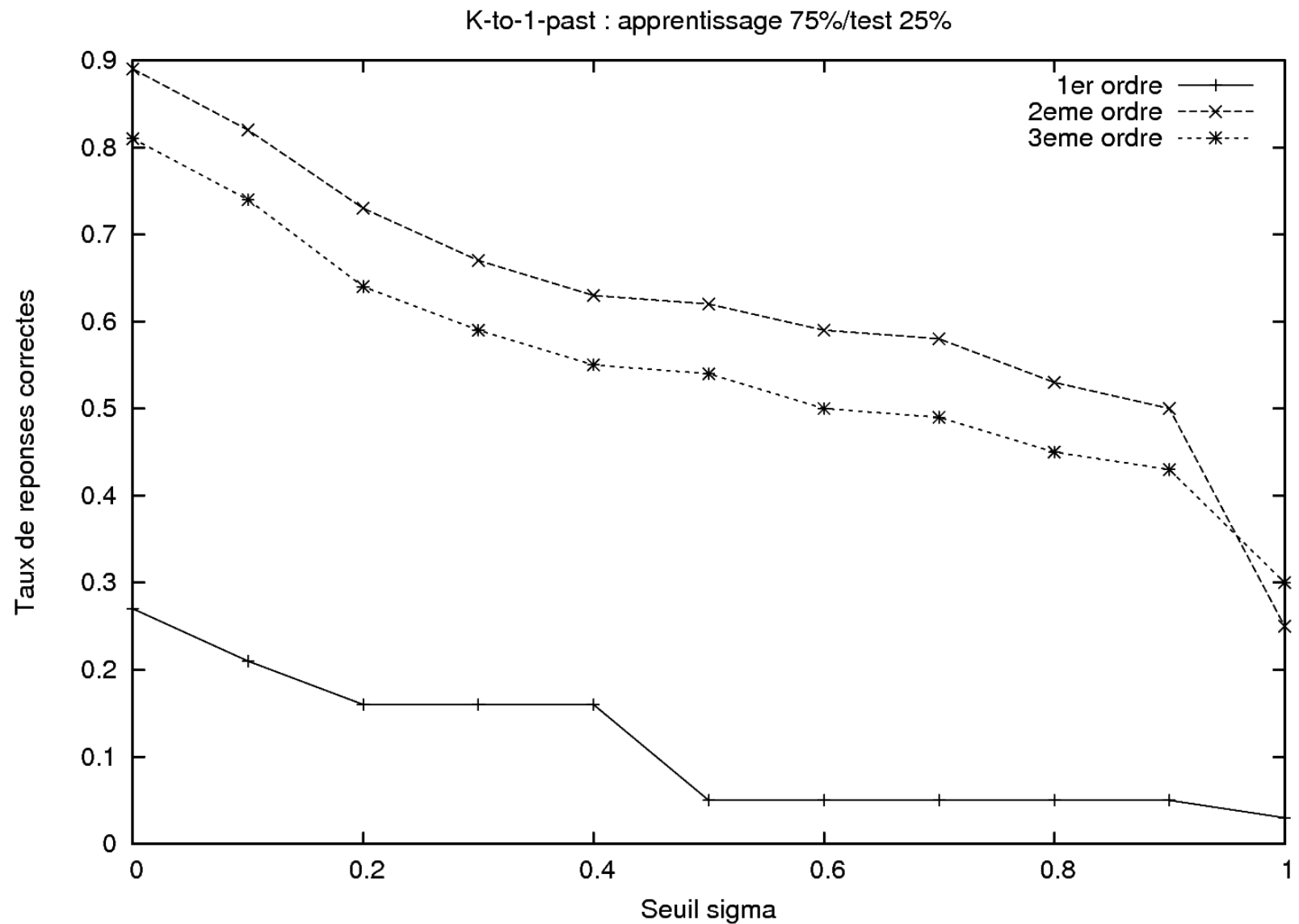
Évaluation des résultats

- Test des modèles
- Construction sur 75%, test sur 25%
- Varier les paramètres
 - Seuil
 - Ordre du modèle
- Évaluation par
 - Pourcentage de prédictions réussies
 - Nombre de réussites / nombre d'essais

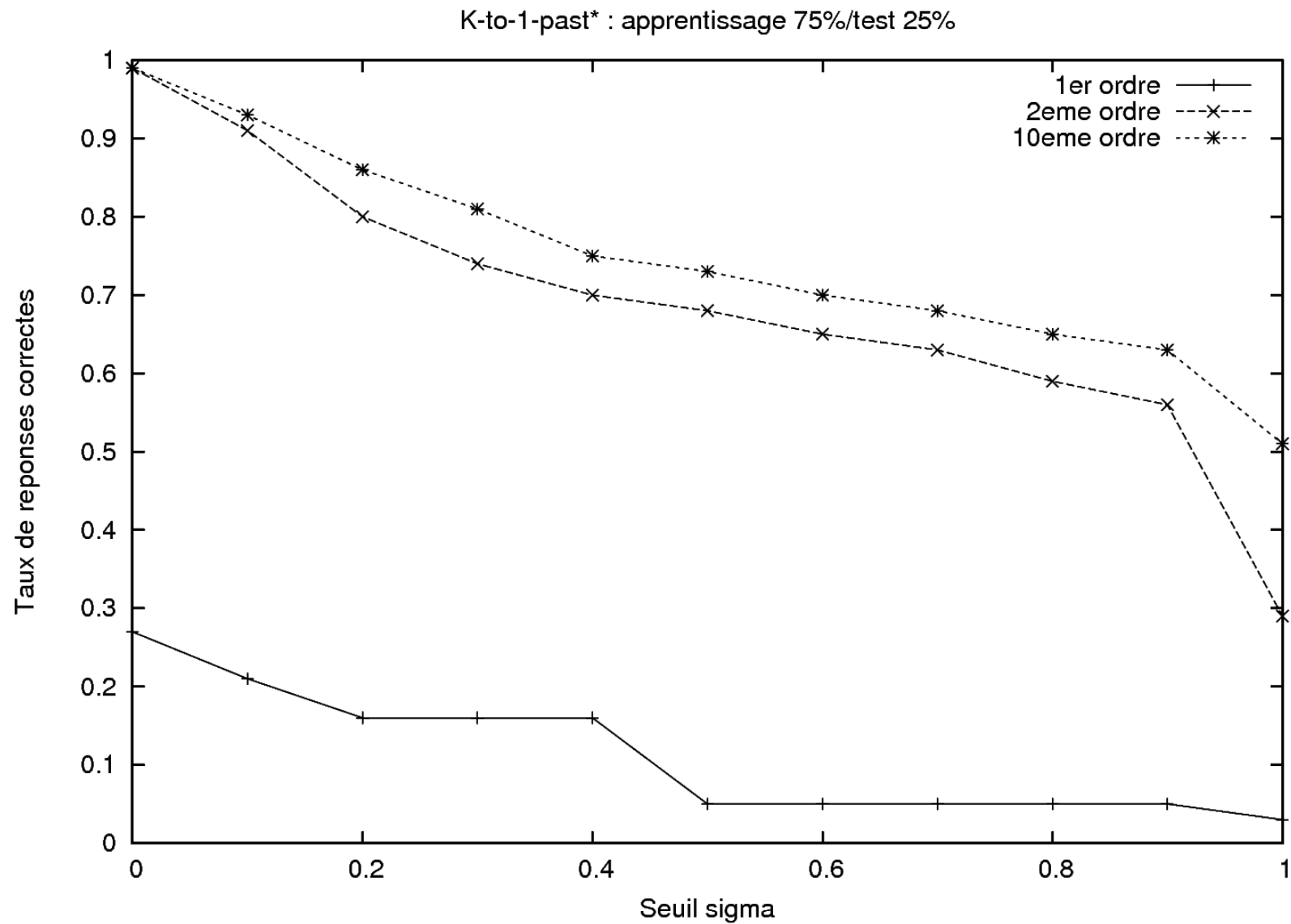
Résultats : *k-past*



Résultats : *k-to1-past*



Résultats : *k-to-1-past**



Analyse des résultats

- Remarques générales
 - Plus le seuil augmente, plus la précision baisse
 - k-to-1-past* meilleur à ordre égal
 - 1-past et seuil = 0 : handoff vers tous les voisins
- Seuil $> 0,5$
 - Au plus un état sélectionné par modèle
- k-past avec k grand : précision très basse
 - Échoue sur k-1 essais par pérégrination

Prédiction : conclusion

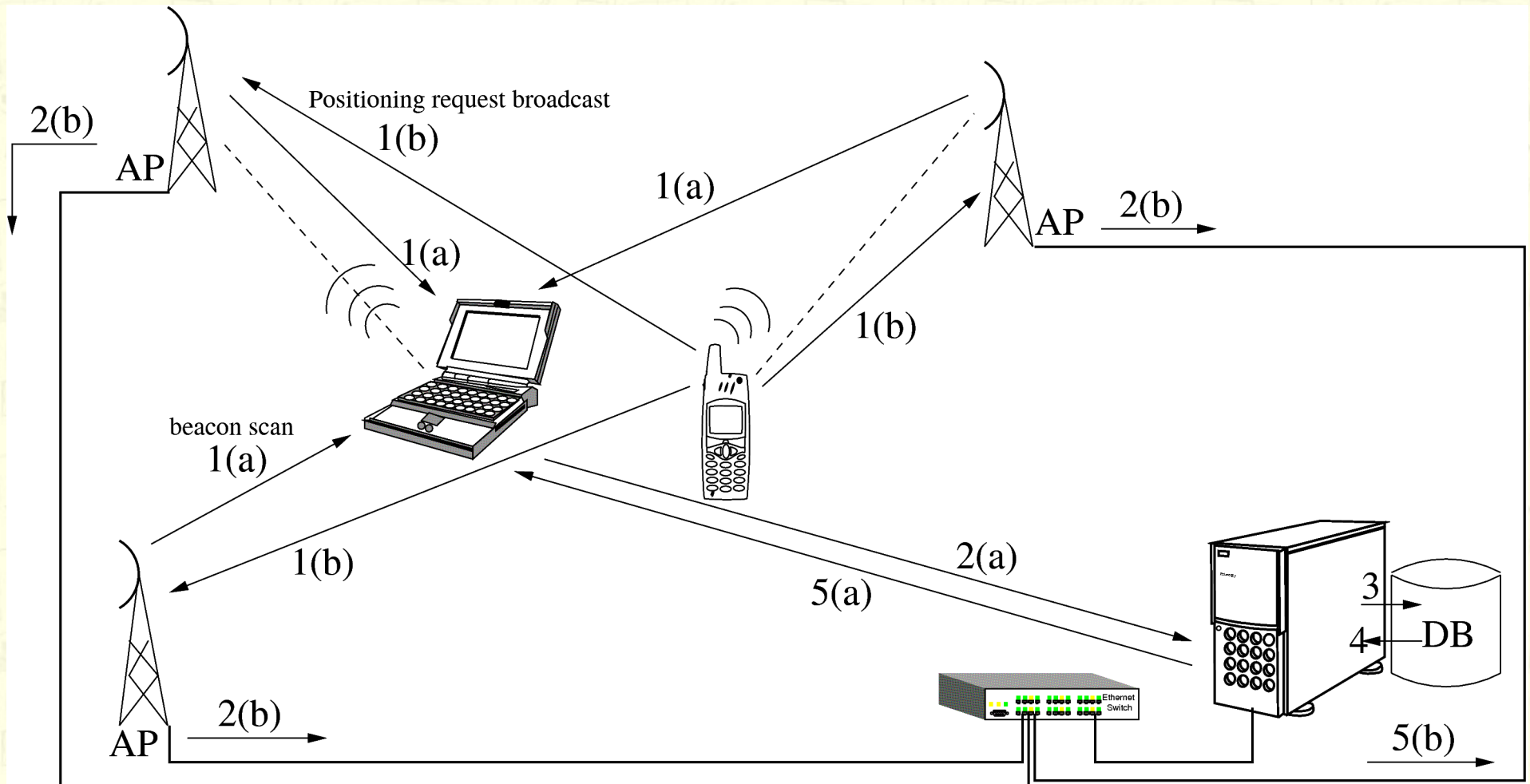
Propositions de 3 modèles (Ubimob06)

- *k-past, k-to-1-past, k-to-1-past**
- Prédiction de la mobilité
- Prise en compte du temps
- Historique de taille variable
- Seuil de déclenchement
- Application à l'anticipation du handoff
- Continuité de service

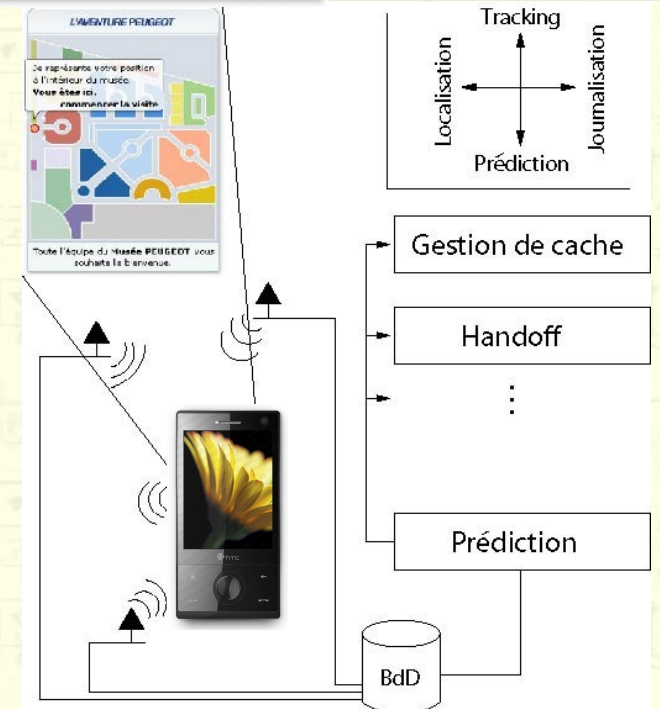
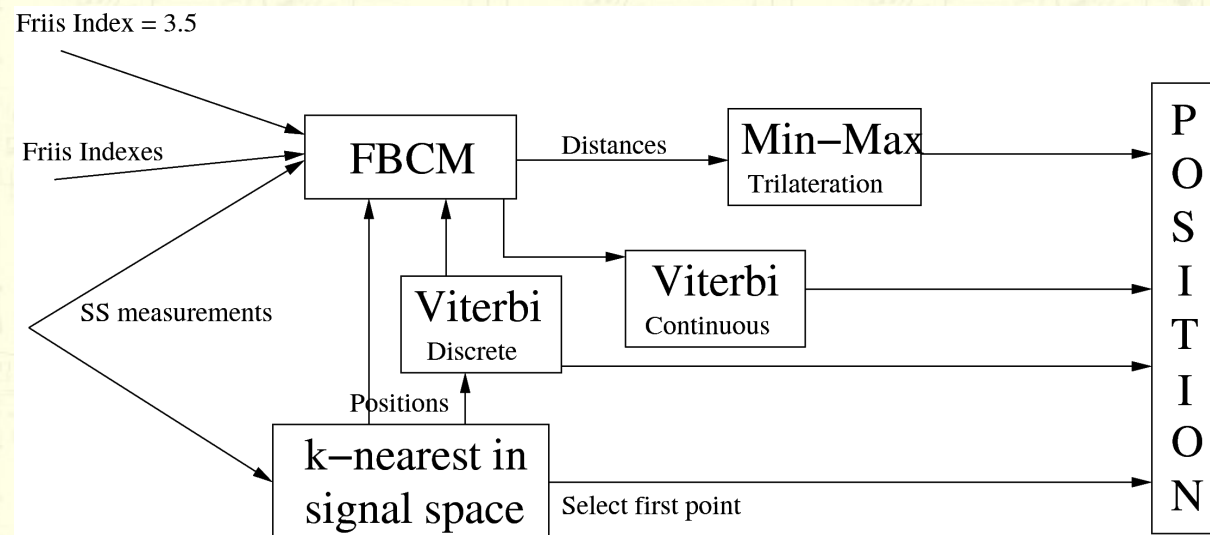
Réalisations

- **GuiNuMo (Guide Numérique Mobile)** (OFTA)
 - Test au musée Peugeot (2005)
 - Serveur de localisation : plusieurs algorithmes
 - Cartographie
 - Propagation
 - Combinaison
 - Géolocalisation explicite
 - Actuellement : OWLPS (Open Wireless Positioning System)
 - Proposition à Interlude
 - Assistant à la visite numérique en intérieur ou extérieur

GuiNuMo : architecture



GuiNuMo



Conclusion générale

- Géolocalisation
 - Modèle hybride
 - Combiner les modèles de l'état de l'art
 - Rapide et précis
 - Topologie prise en compte
 - Tests pratiques
 - Réalisation des outils logiciels nécessaires au déploiement
- Prédiction de la mobilité
 - 3 modèles
 - *K-past*, *k-to-1-past* et *k-to-1-past**
 - Prise en compte du temps et des délais
 - Utilisation possible pour l'anticipation du handoff



Perspectives

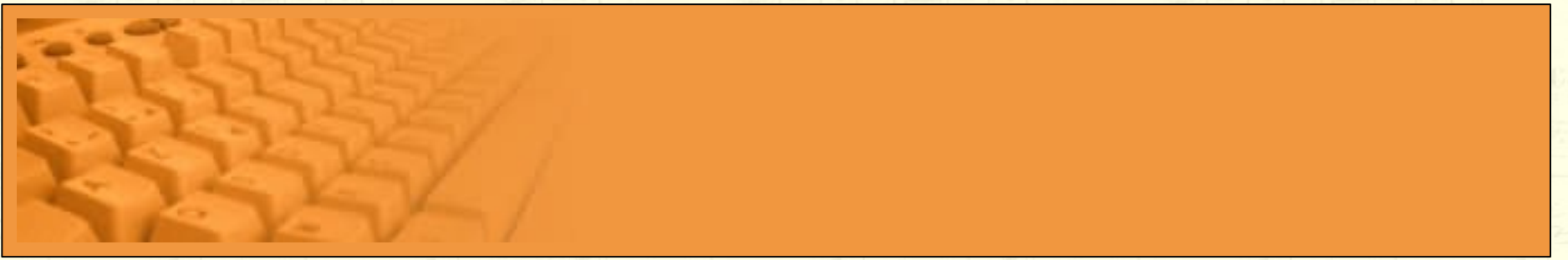
- Géolocalisation
 - Modèle auto-calibré
 - Méthode de retour d'information
 - Réduction du maillage : nouveau banc de test
 - Géolocalisation implicite
- Évaluer le coût de la prédiction
 - Nombre d'états vers lesquels un handoff est effectué
 - Multiplier les seuils (niveaux de handoff)

Bibliographie

- [Ekahau] R. Roos, P. Myllymäki, H. Tirri, P. Misikangas, and J. Sievönen. A Probabilistic Approach to WLAN User Location Estimation. *International Journal of Wireless Information Networks*, 9(3) :155–164, July 2002.
- [RADAR] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan. RADAR : An in-building RF-based user location and tracking system. In *INFOCOM (2)*, pages 775–784, 2000.
- [Runser et al.] Katia Runser, Philippe Buhr, Guillaume de la Roche, and Jean-Marie Gorce. Validation de la méthode de prédiction de couverture radio mr-fdpf. In *Actes des 6e Rencontres Francophones AlgoTel*, pages 21 – 26, Mai 2004.
- [HORUS] Moustafa Youssef, Ashok Agrawala, and Udaya Shankar. Wlan location determination via clustering and probability distributions. In *IEEE PerCom 2003*, March 2003.
- [Baala et al.] O. Baala, A. Caminada. « LAN-based indoor positioning system: experimental results for stationary and tracking MS ». In *IEEE ICCT'06, International Conference on Communication Technology*. November. Guilin (China). Novembre 2006.
- [Sarukkai] Ramesh R. Sarukkai. Link prediction and path analysis using markov chains. In *Proceedings of the 9th international World Wide Web conference on Computer networks : the international journal of computer and telecommunications networking*, pages 377–386, 2000.
- [Pitkow et al.] James Pitkow and Peter Pirolli. Mining longest repeating subsequences to predict world wide web surfing. In *USITS'99 : Proceedings of the 2nd conference on USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems*, pages 13–13, 1999.
- [Petzold et al.] Jan Petzold, Andreas Pietzowski, Faruk Bagci, Wolfgang Trumler, and Theo Ungerer. Prediction of indoor movements using bayesian networks. In *Proceedings of the First International Workshop on Location- and Context-Awareness, LoCA 2005*, volume 3479, pages 211–222. Verlag : Springer Berlin / Heidelberg, May 2005.

Publications

- [WoWMMoM05] F. Lassabe, O. Baala, Ph. Canalda, P. Chatonnay, and F. Spies. A Friis-based Calibrated Model for WiFi Terminals Positioning. In Proceedings of IEEE Int. Symp. on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMMoM 2005), Taormina, Italy, pages 382--387, June 2005.
- [PCAC06] F. Lassabe, Ph. Canalda, D. Charlet, P. Chatonnay, and F. Spies. Refining WiFi Indoor Positioning Renders Pertinent Deploying Location-Based Multimedia Guide. In Procs of IEEE Int. Workshop on Pervasive Computing and Ad Hoc Communications (PCAC06), in conjunction with the IEEE 20th Int. Conf. on Advanced Information Networking and Applications (AINA06), volume 2, Vienna, Austria, pages 126--130, April 2006.
- [Ubimob06] F. Lassabe, P. Canalda, P. Chatonnay, D. Charlet, and F. Spies. Géolocalisation WiFi et modèles de prédiction de la mobilité dans les réseaux multimédia. In Actes des 3e Journées Francophones Mobilité et Ubiquité (UBIMOB 2006), conférence nationale IEEE-France et ASF, CNAM Paris, France, pages 57--64, September 2006.
- [ANT09] F. Lassabe, P. Canalda, P. Chatonnay, and F. Spies. Indoor Wi-Fi Positioning: Techniques and Systems. Annals of telecommunications, *(*)::***--***, 2009. Note: 21 pages, accepted on 09-apr-2009.
- [JDIR09] M. Cypriani, F. Lassabe, P. Canalda, S. Zirari, and F. Spies. Open Wireless Positioning System : un système de géopositionnement par Wi-Fi en intérieur. In Alexandre Caminada, editor, JDIR'09, 10èmes Journées Doctorales en Informatique et Réseaux, Belfort, France, pages 73--78, February 2009.
- [OFTA] D. Charlet, F. Lassabe, P. Canalda, P. Chatonnay, and F. Spies. Services localisés dans l'informatique diffuse. In Informatique Diffuse, volume 31 of ARAGO, Rapport de synthèse de l'Observatoire Français des Techniques Avancées (OFTA) 5, pages 107--126. OFTA, 2007.



Questions