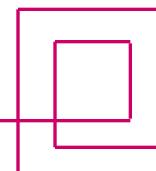




Bases, principes et théories de localisation Indoor

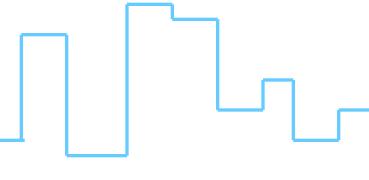
Elizabeth COLIN
Alain MORETTO

14/10/2010

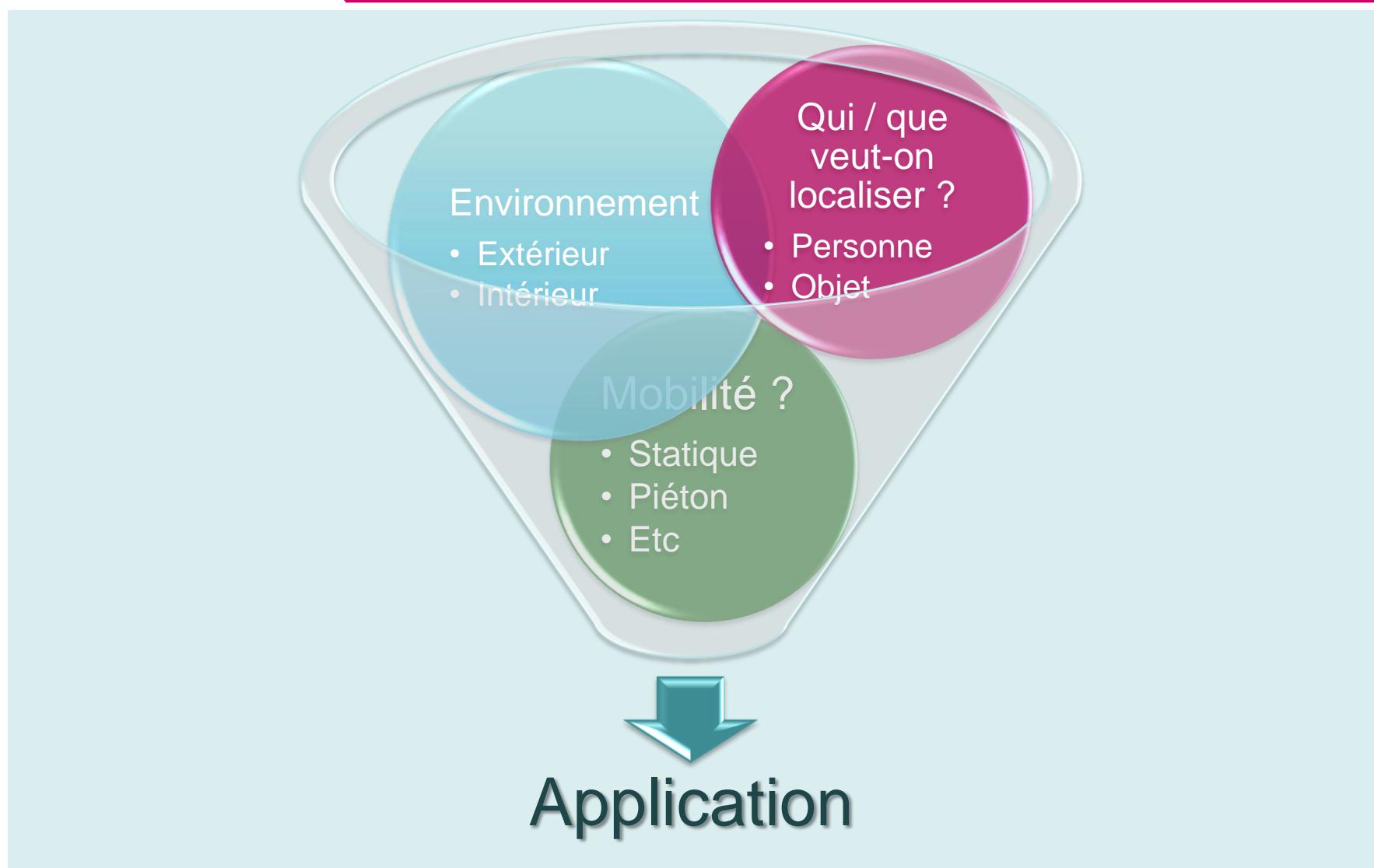


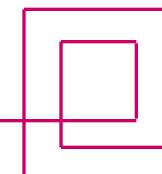
Plan

- I. Objectifs, critères de performance**
- II. Les propriétés de l'indoor**
- III. Le canal indoor et ses modèles**
- IV. Méthodes de localisation indoor**

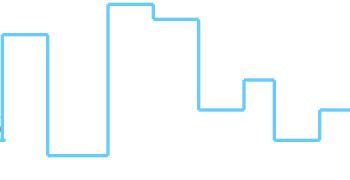


Objectifs





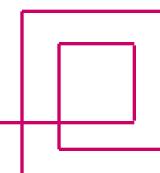
Application



CANAL

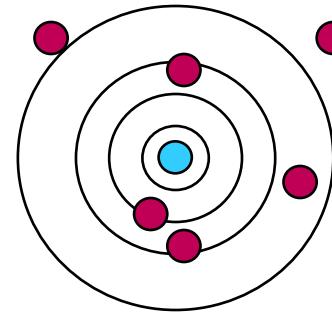
MÉTHODES

Page 4

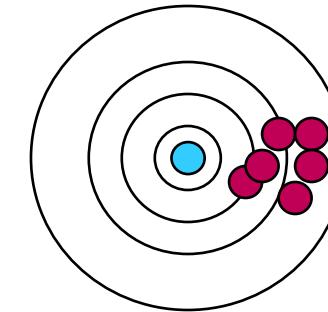


Précision et exactitude

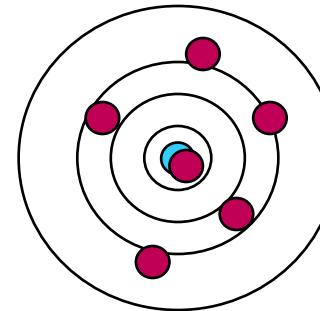
- Exactitude = justesse
- Précision = fidélité



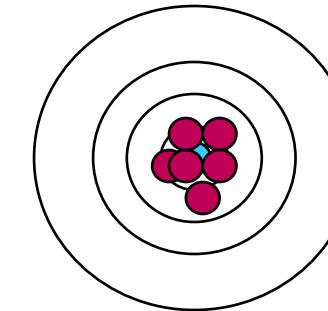
Ni exact, ni précis



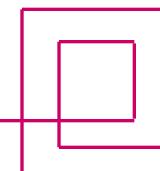
Pas exact mais précis



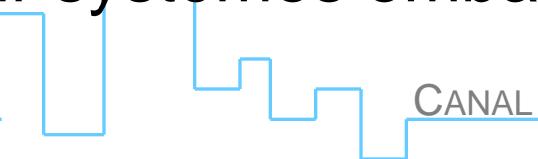
Exact mais pas précis

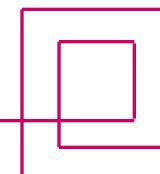


Exact et précis



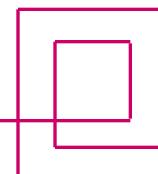
- En fonction de l'application
- Compatibilité avec les êtres humains
 - Porteur des cibles
 - Travaillant ou vivant dans la zone couverte
- Précision et exactitude :
 - Localisation à ± 5 cm (infra-rouge) ou à ± 1 m près
 - Résultat obtenu dans 95 % des mesures
- Consommation
 - Critique pour systèmes embarqués



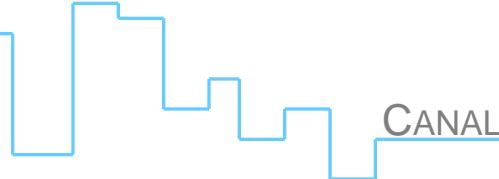


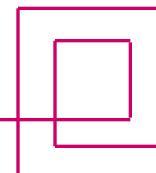
- Facteur d'échelle :
 - Dimensionnement du système de localisation
 - Étendue de la zone à couvrir
 - Nombre de cibles à détecter
 - Nombre de stations à déployer
 - Capacité d'étendre le système
 - Surface
 - Nombre de cibles
- Rapidité de réponse
 - Temps entre 2 mises à jour
 - Temps de latence peut augmenter ou diminuer la précision





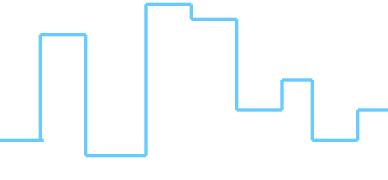
- Robustesse
 - Immunité face à des interférences
 - Faible sensibilité aux variations environnementales
- Taille
- Prix
 - Infrastructure (matérielle / logicielle)
 - Cibles
 - Maintenance

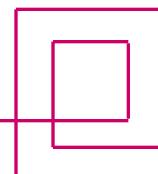




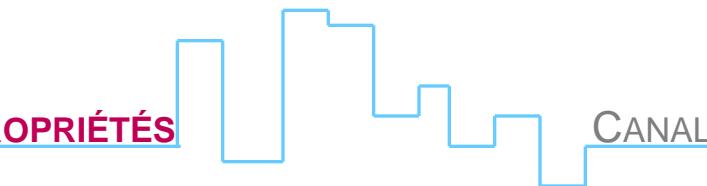
Plan

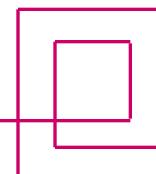
- I. Objectifs, critères de performance
- II. Les propriétés de l'indoor
- III. Le canal indoor et ses modèles
- IV. Méthodes de localisation indoor



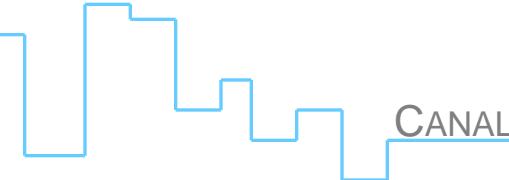


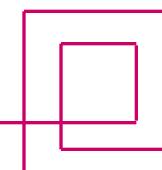
- Affaiblissement :
 - Distance et fréquence
 - En espace libre (Friis)
- Shadowing (slow fading):
 - Obstacles



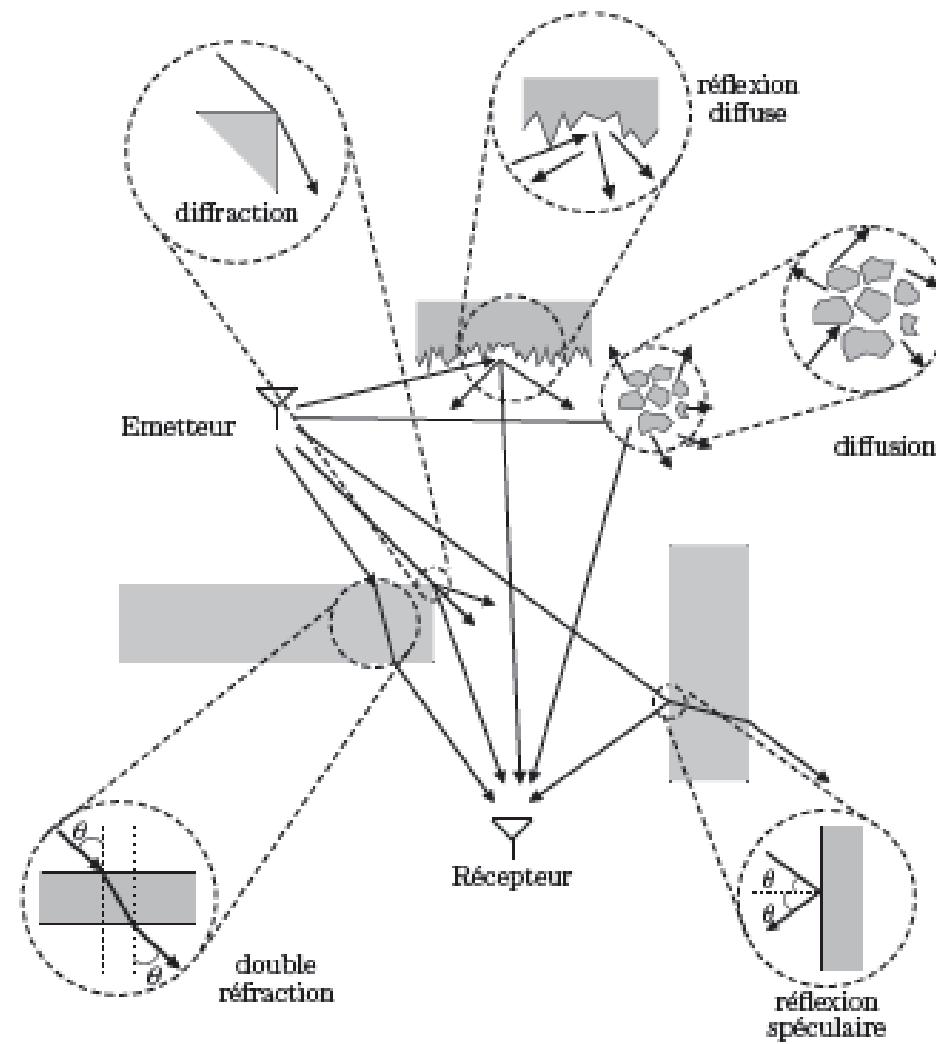


- **Affaiblissement multi-trajets (fast fading) :**
 - Distances courtes
 - Présence de multi-trajets forts
 - Influence des murs, plafonds, toit
 - Présence de fenêtres
 - Matériaux réagissant différemment suivant la fréquence
 - Influence des variations du canal avec le temps
 - Prédictions uniquement statistiques

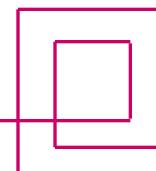




Mécanismes physiques

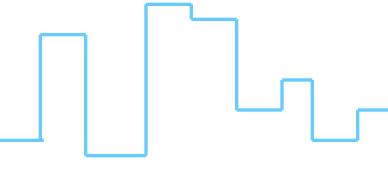


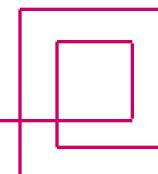
- Réflexion et réfraction
- Diffusion
- Diffraction



Plan

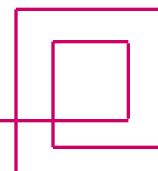
- I. Objectifs, critères de performance
- II. Les propriétés de l'indoor
- III. Le canal indoor et ses modèles
- IV. Méthodes de localisation indoor





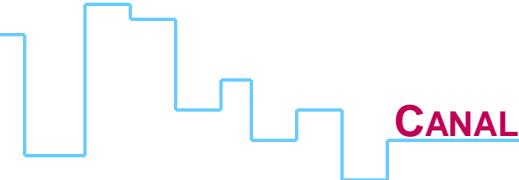
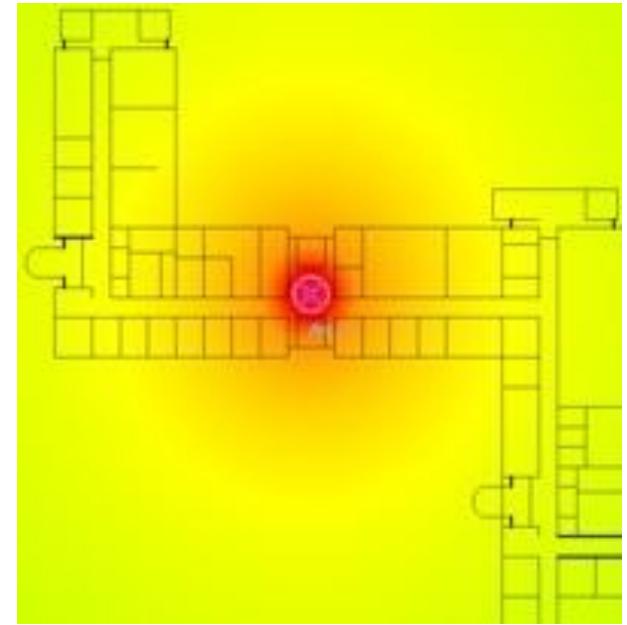
Trois approches

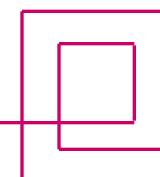
- **Modèles déterministes:**
 - Basés sur la propagation d'ondes EM + lancer de rayon
 - Coûteux en ressources de calcul et en temps de simulation
 - Très précis, très lent
- **Modèles empiriques:**
 - Basés sur des mesures sur le terrain
 - Manquent de précision et d'évolutivité
- **Modèles semi-déterministes:**
 - Nécessitent un ajustement des paramètres de simulation via une campagne de mesure de champ in-situ
 - Résultats très fiables



- $$PL(d) = PL(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + \sigma$$

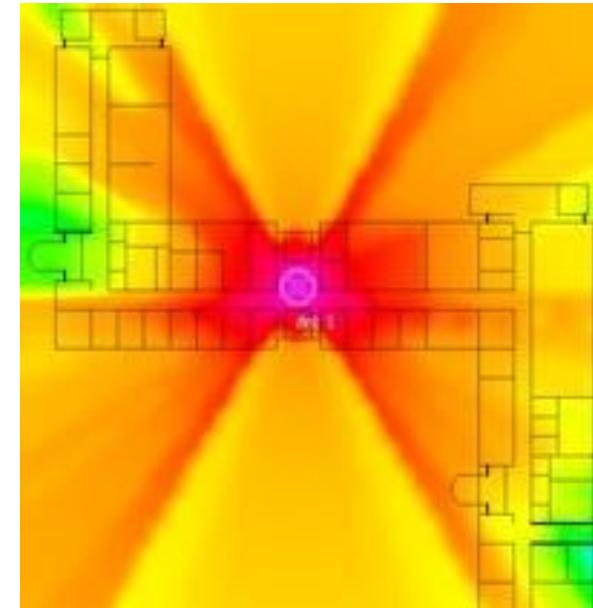
- PL : pertes
- n : indice de décroissance
- d : distance T – R
- d_0 : distance de référence
- Transposable dans aux scénarii LOS ou NLOS en ajustant les paramètres de canal



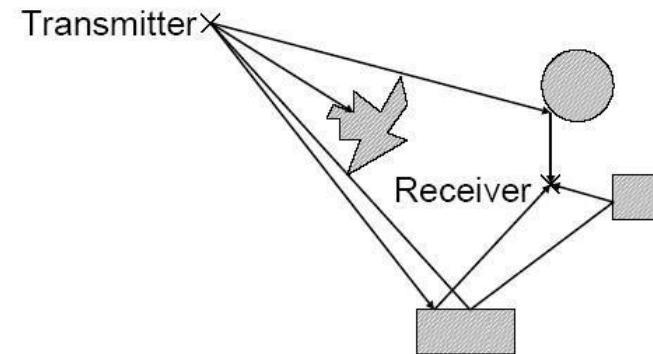
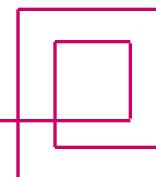


- modèle de propagation dans un immeuble
 - L'atténuation croît linéairement avec le nombre de murs traversés
 - Effets de sol non linéaires
 - Dans la bande 800-1900 MHz , l'atténuation est estimée par:

$$L(d) = 37 + 20 \log(d_m) + \sum_i K_{wi} L_{wi} + 18.3 n^{\frac{n+2}{n+1} - 0.46}$$

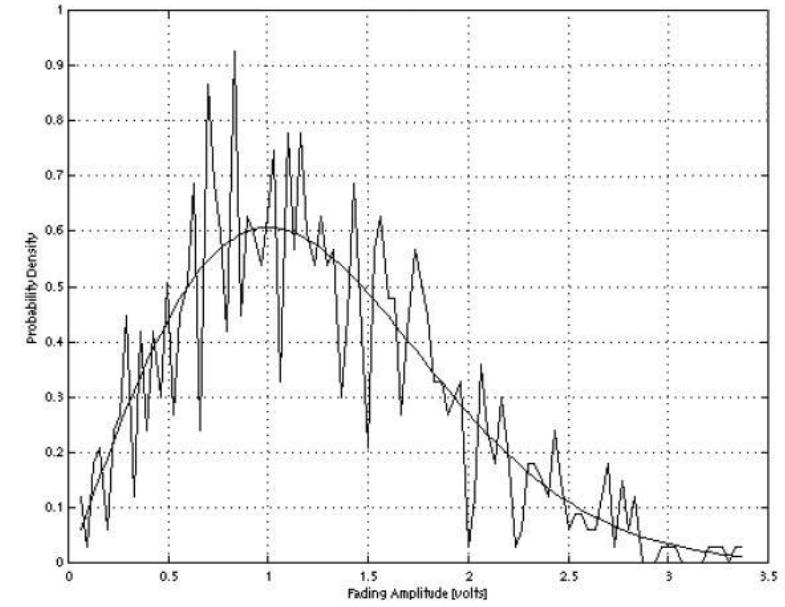


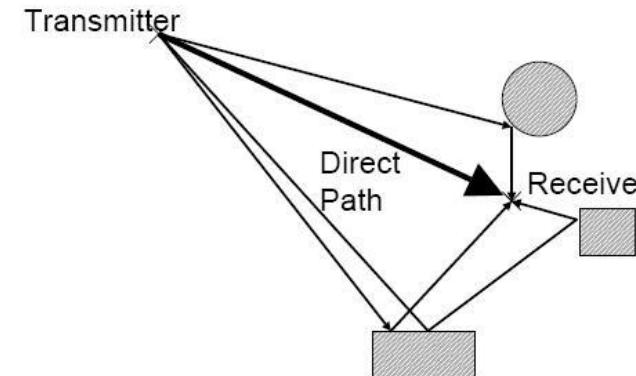
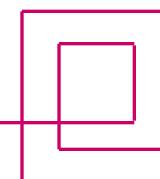
- L_{wi} = pertes dues au mur de type I
- K_{wi} = nombre de planchers traversés (béton renforcé < 30 cm) de type i



- Multi-trajets NLOS
- Les parties réelles et imaginaires du champ électrique reçu suivent des distributions de Rayleigh

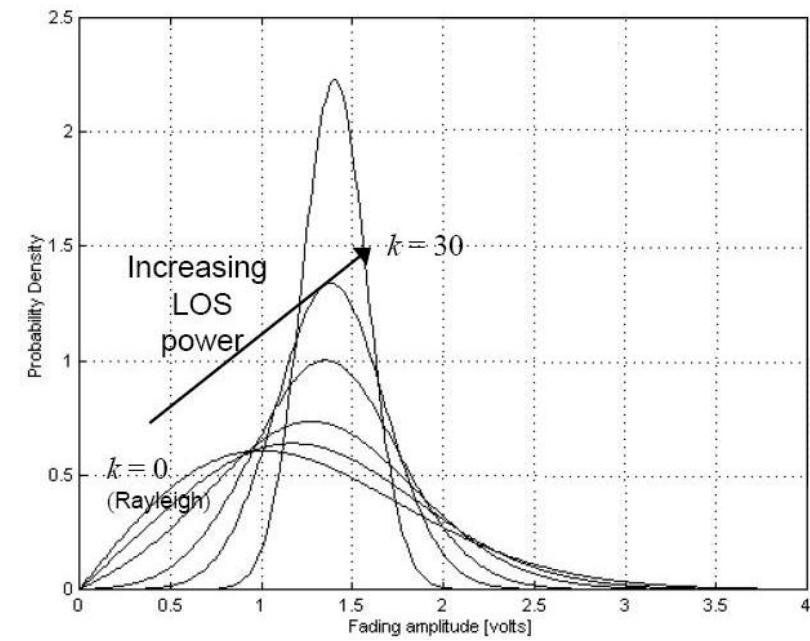
$$P(r) = \left(\frac{r}{\sigma^2} \right) \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2} \right)$$

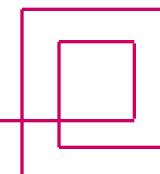




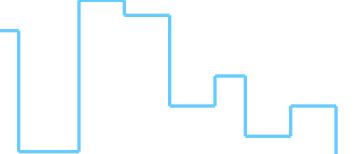
- Multi-trajets + LOS (ou trajet dominant)

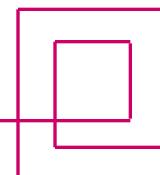
$$P(r) = \left(\frac{r}{\sigma^2} \right) \exp \left(-\frac{r^2 + k^2}{2\sigma^2} \right) I_0 \left(\frac{ks}{\sigma^2} \right)$$





- Sélection d'un modèle de propagation
- Placement automatique Rx / Tx
- Couverture réseau et remontée du RSSI
- ...

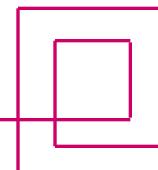




Quelques simulateurs

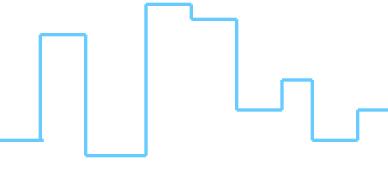
- **MeshPlanner, LANPlanner, EnterPrisePlanner (MOTOROLA) :**
 - Simulation indoor et outdoor
- **Hydra Studio (Motorola)**
 - Modèles de Okumura and Cost 231.
- **Signal Pro (EDX) :**
 - Lancer de rayons + 20 modèles semi-empiriques et déterministes
- **WinProp (AWE) :**
 - Prédition niveau de champ, puissance reçue, étalement temporel, évanouissements rapides.
- **Volcano (Siradel):**
 - Lancer de rayons , multirésolution, simulation de propagation en macro/mini/micro/pico cellules
- **RPS - Radiowave Propagation Simulator (RPS):**
 - Interface MATLAB(TM) + AoA/DoA simulation en élévation et azimuth
- **WiSE (Lucent Technologies):**
 - Exclusivement indoor

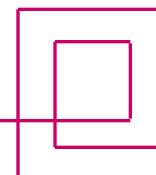




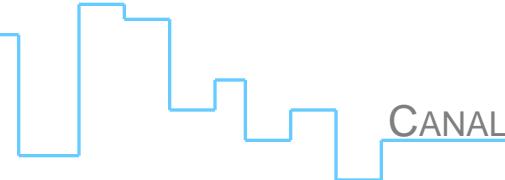
Plan

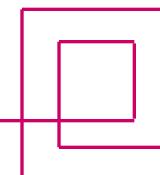
- I. Objectifs, critères de performance
- II. Les propriétés de l'indoor
- III. Le canal indoor et ses modèles
- IV. Méthodes de localisation indoor





- Échelle du système
 - Système de positionnement local (LPS)
 - Centaine de mètres
- Environnement \Rightarrow air
- Modèles 2D ou 3D
 - Coordonnées cartésiennes ou polaires
 - En fonction du contexte
 - Étiquettes pour identifier différentes pièces
- Temps réel (RTLS) ou non
- Positionnement relatif ou absolu

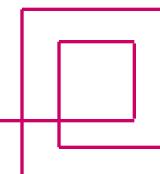




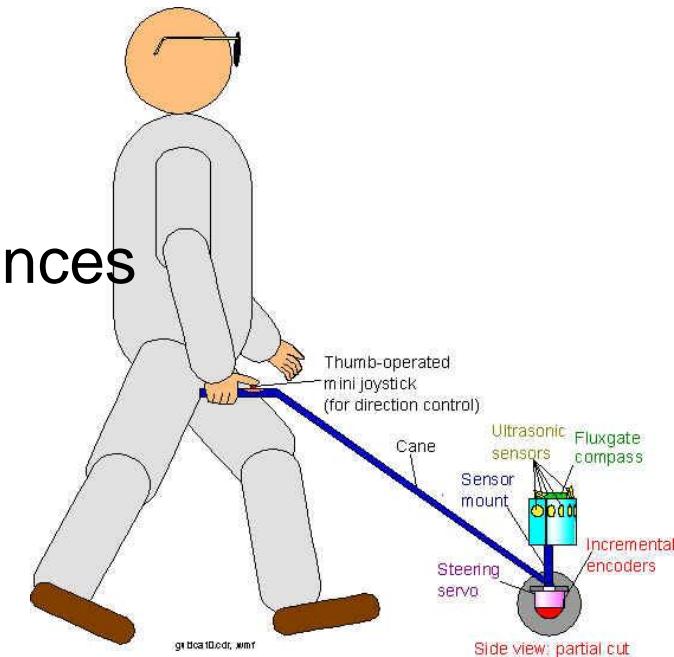
Positionnement relatif

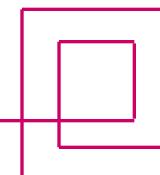
- **La navigation à l'estime (*dead reckoning*)**
 - Déduction de la position
 - trajet de la cible
 - distance parcourue (depuis sa dernière position connue)
 - Mesure
 - Cap
 - Vitesse
 - Temps
 - Incertitude liée à la précision de la mesure de ces paramètres
- **2 techniques**
 - Odométrie
 - Navigation inertielle (*Inertial navigation systems - INS*)





- **Principe:**
 - intégration incrémentale de l'information de mouvement dans le temps
- **Intérêt:**
 - Solution peu chère
 - Bonne précision sur de courtes distances
- **Inconvénients:**
 - Glissement des roues
 - Sauts de marches
 - Accumulation des erreurs



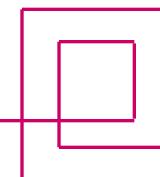


Navigation inertielle

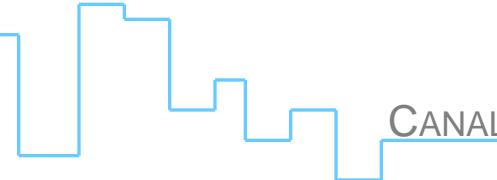
- **Principe :**
 - Navigation à l'aide d'une centrale inertielle
 - Mesure l'accélération (accéléromètre) et la rotation (gyroscope)
 - Intégration de ces mesures au cours du temps
- **Inconvénients :**
 - Dérives dans le temps \Rightarrow accumulation erreurs

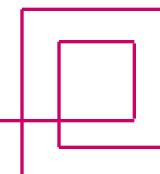
Systèmes combinant capteurs odométriques et inertiels \Rightarrow gyrodométrie



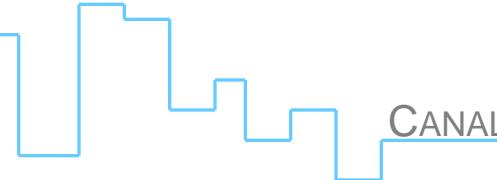


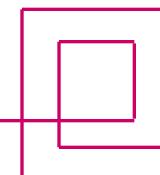
- **Principe**
 - Points fixes de référence
 - Emplacements connus à priori
 - Référence « active » ou « passive »
- **3 approches**
 - Balises actives
 - Reconnaissance de repères
 - *Model matching*
- **Balises actives**
 - Composants statiques, position connue
 - Émission d'une signature périodiquement
 - Réflexion de la signature émise par le cible
 - selon application \Rightarrow estimation de la distance ou de l'angle





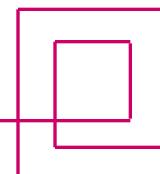
- Reconnaissance de repères (*landmark recognition*)
 - Caractéristiques statiques de l'environnement
 - Formes géométriques
 - Objets « artificiels » ou « naturels » dans le contexte
 - Position relative cible – repère
 - Inconvénients :
 - Fiabilité
 - Ressources pour le traitement
 - Effets de masquage





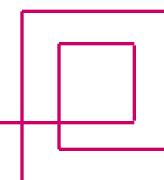
- *Model matching*

- Établissement d'une carte ou « modèle du monde »
- Localisation dans cette carte
- Exploration du monde
- Comparaison du modèle de référence au modèle local issu des capteurs
- Capteurs hétérogènes (odométrie, signaux radio)
 - Assez gourmand en ressources de calcul, mémoire



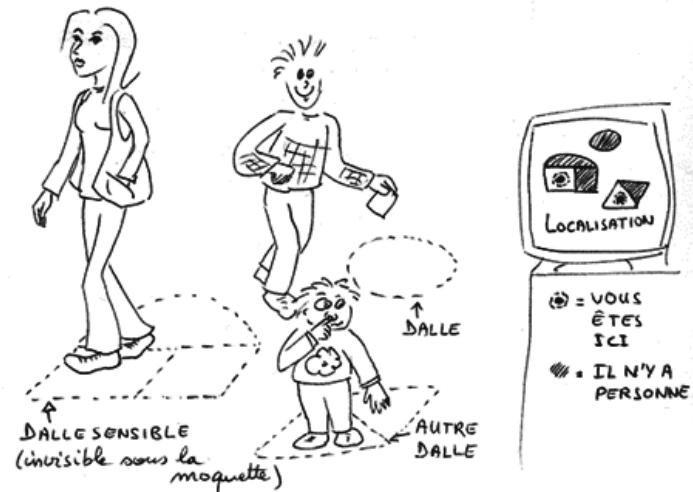
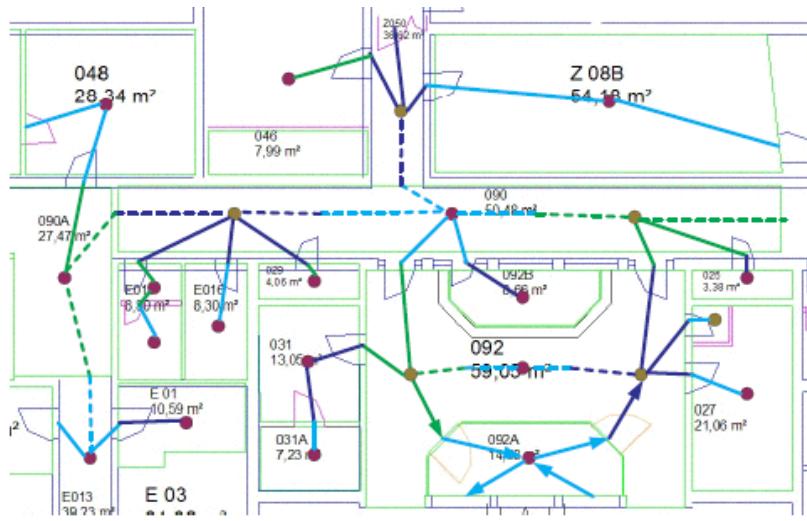
- **Comparaison**

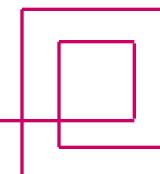
- Positionnement relatif \Rightarrow dérives d'erreur non bornées
- Reconnaissance de repères et *model matching* \Rightarrow systèmes coûteux en ressources
- Systèmes hybrides



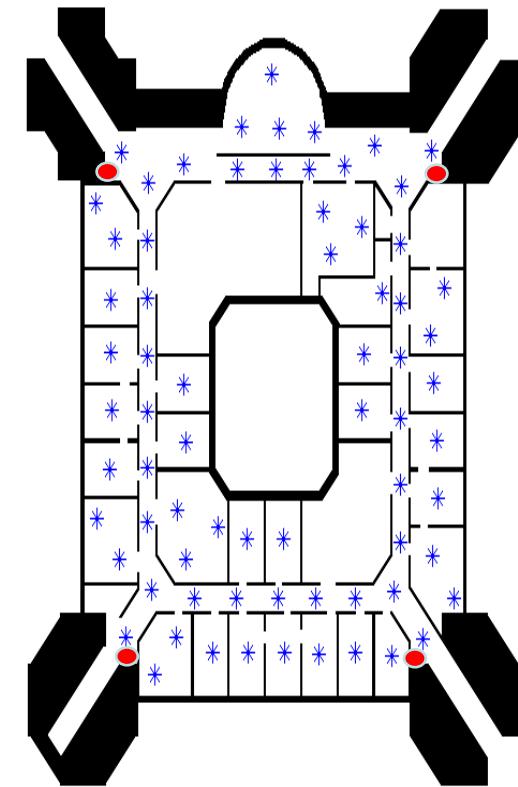
Identification de cellule (Cell-ID)

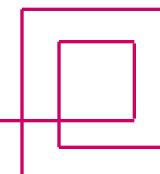
- **Principe:**
 - Le réseau mobile effectue un pavage de l'espace. Le dispositif mobile est repéré en fonction de la cellule sollicitée.
- **Intérêt:**
 - L'opérateur connaît en temps réel quelle cellule est sollicitée
 - Utilisation pour du zonage ou du suivi à distance
- **Précaution:**
 - La densité des cellules impose la précision



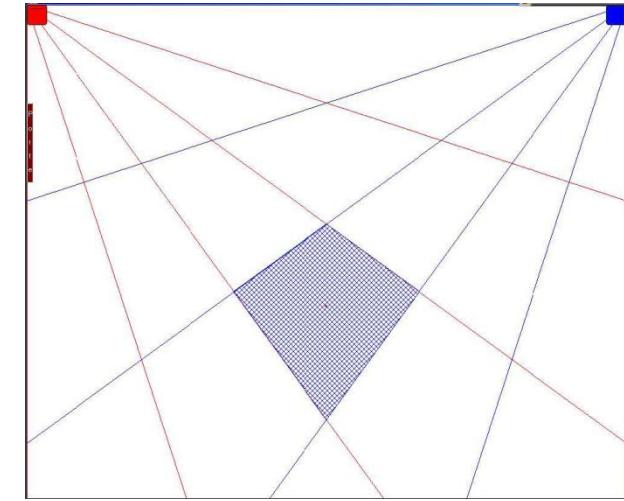
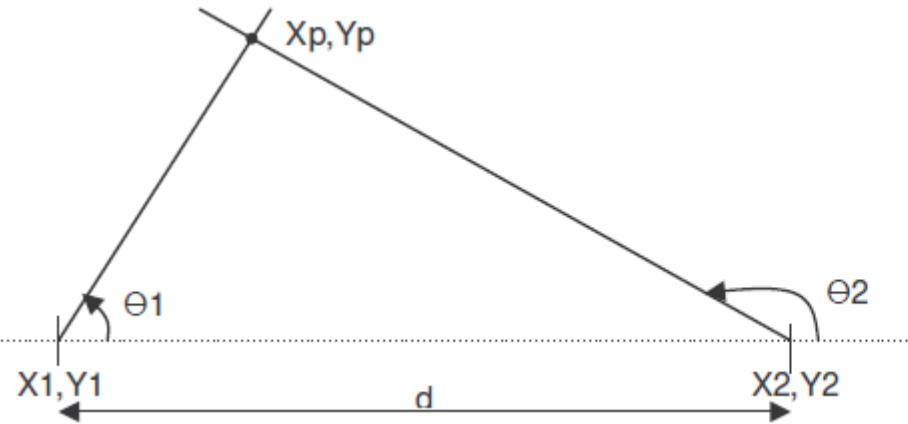


- **Principe:**
 - La pièce est reconnue par comparaison de la mesure actuelle avec les mesures stockées dans une base de données préalablement établie
- **Intérêt:**
 - simplicité
- **Précautions:**
 - Campagne de mesure préalable
 - Le canal peut évoluer au cours du temps



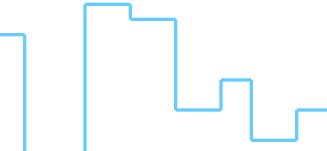


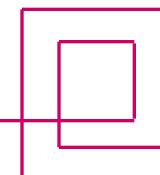
- **Principe:**
 - basée sur la mesure d'angles
- **Intérêt:**
 - simplicité de la mise en œuvre
- **Précaution:**
 - Techniques de DoA (multi-capteurs)



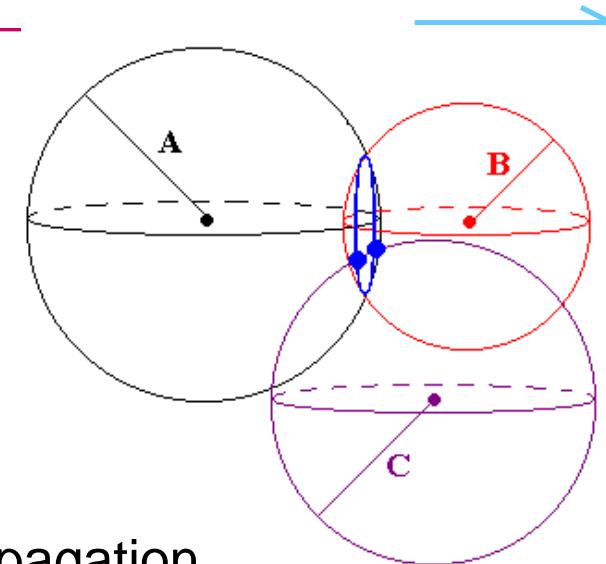
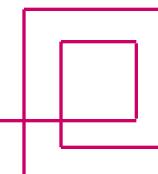
Les équations de triangulation Eq (1) sont les suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} X_p = X_1 + \frac{d * \tan(\theta_2)}{\tan(\theta_2) - \tan(\theta_1)} \\ Y_p = Y_1 + \frac{d * \tan(\theta_2) * \tan(\theta_1)}{\tan(\theta_2) - \tan(\theta_1)} \end{array} \right. \quad \text{Eq (1)}$$





- **Principe:**
 - Orientation d'un réseau d'antennes dans la direction d'un maximum de rayonnement
 - L'orientation peut être mécanique ou électrique
- **Intérêt:**
 - Mise en oeuvre de techniques de diversité spatiale
- **Précaution:**
 - Une très grande précision est requise dans le cas d'ondes électromagnétiques

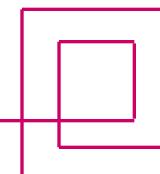


- **Principe:**
 - Basée sur la mesure de distance
 - Distances can be measured through:
 - Temps de vol (TOF)
 - Mesure de déphasage
 - Puissance du signal reçu + modèle de propagation

- **Intérêt:**
 - Positionnement absolu

$$\begin{aligned}
 (x_m - x_a)^2 + (y_m - y_a)^2 &= l_{am}^2 \\
 (x_m - x_b)^2 + (y_m - y_b)^2 &= l_{bm}^2 \\
 (x_m - x_c)^2 + (y_m - y_c)^2 &= l_{cm}^2
 \end{aligned}$$

- **Précautions:**
 - Attention à la polarisation en cas d'onde électromagnétique
 - Sensibilité du récepteur aux multitrajets \Rightarrow récepteurs Rake

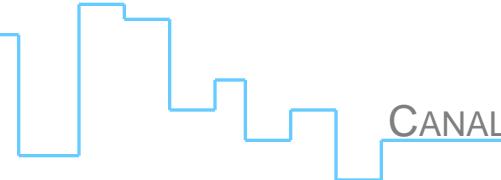


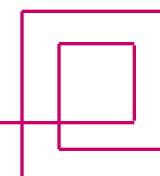
Temps de vol / d'arrivée (ToF / ToA)

- **Principe:**
 - Connaissant la vitesse de propagation, il suffit de connaître le temps le départ du signal et le temps d'arrivée au récepteur
 - On mesure l'aller-retour si les horloges ne sont pas synchronisées



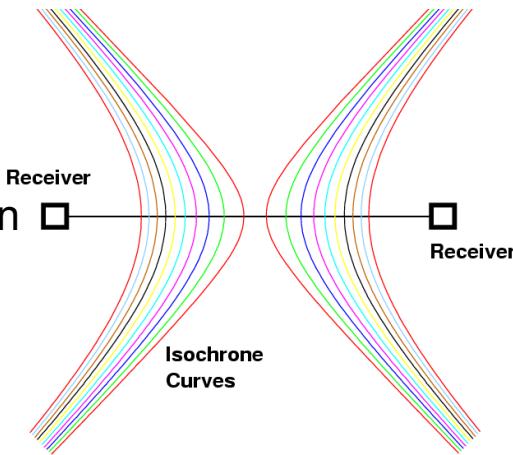
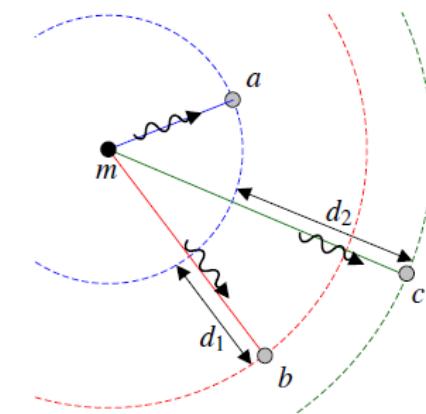
- **Précautions:**
 - Émetteur et récepteur doivent être parfaitement synchronisés
 - Nécessité d'une électronique très rapide dans le cas de la propagation d'ondes électromagnétiques (1 cm/33 ps in air).
 - Nécessité d'une ligne de vue directe

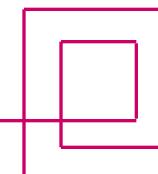




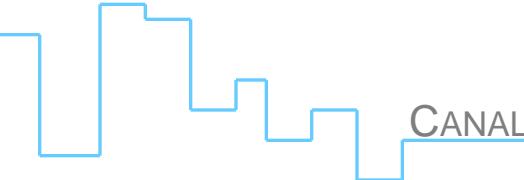
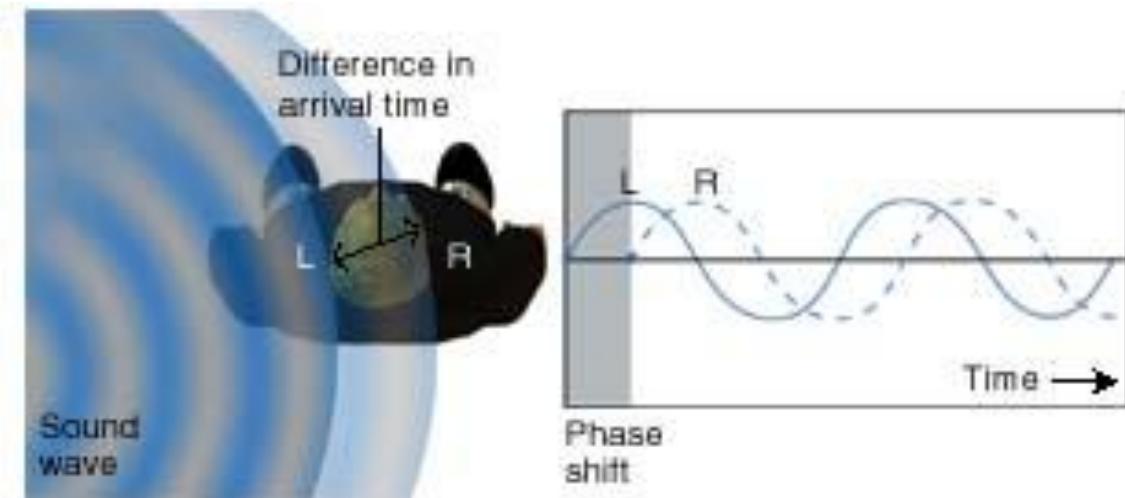
Temps d'arrivée différentiel (TDOA)

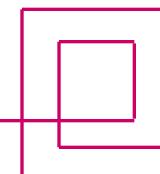
- **Principe:**
 - Connue sous le terme de localisation hyperbolique
 - *Plusieurs émetteurs synchronisés émettent. Le récepteur mesure toutes les différences de temps d'arrivée*
 - Les courbes isochrones sont des hyperboles ($\Delta d = v / \Delta t$)
 - L'intersection de ces hyperboles fournit la position
- **Intérêt:**
 - Les mesures TDOA ne dépendent pas de l'origine des temps
- **Précautions:**
 - Synchronisation de toutes les unités de référence
 - La solution n'est pas unique
 - Information supplémentaire requise pour lever l'indétermination
 - Le système peut être linéarisé (séries de Taylor)





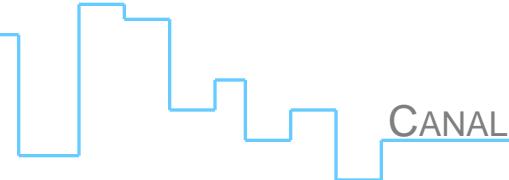
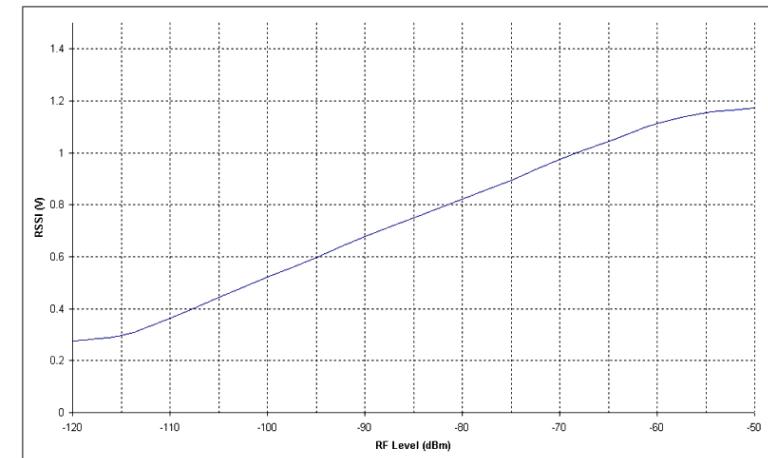
- **Principe:**
 - Le milieu est supposé homogène (vitesse de propagation constante)
 - Les signaux émis et reçus sont auto-corrélés
- **Intérêt:**
 - La différence de phase est proportionnelle à la distance : $d = v \cdot T \cdot \Phi / 2\pi$
- **Précaution:**
 - $d < v \cdot T$

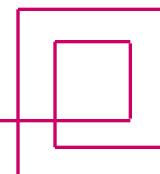




Received Signal Strength Information RSSI

- **Principe:**
 - Plus l'émetteur est éloigné, plus la puissance du signal reçu est faible
- **Intérêt:**
 - Aucun besoin de synchronisation
- **Précaution:**
 - La distance n'est pas linéaire avec la puissance du signal reçu
 - Effets des multi-trajets
 - Nécessité de bons modèles de propagation
 - L'effet de charge d'un tag RFID passif est incompatible avec la mesure de distance

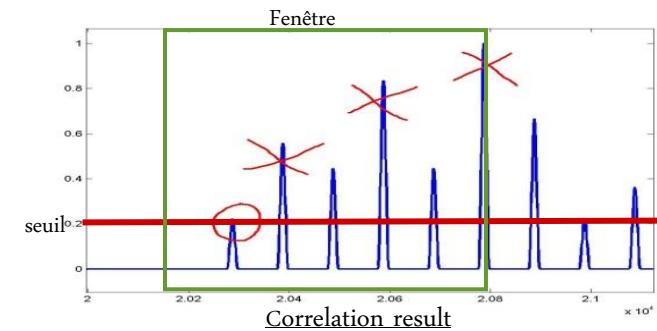




- Réseaux de neurones (ANNs) :
 - Permet de prédire la localisation d'un objet
 - Permet de minimiser l'erreur quadratique moyenne durant la période d'apprentissage



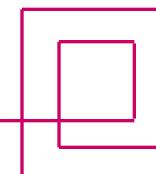
- Filtrage particulaire
 - Le lecteur est embarqué sur le robot
 - 28 à 80 transponders sont fixés sur les murs et des cibles
 - 1000-3000 acquisitions
 - Trouver une fonction coût qui maximise la probabilité de trouver le robot à un endroit donné



- Pré-filtrage
 - Recherche de pics significatifs pour éliminer le bruit

- Prédiction et limitation du bruit:
 - Filtrage de Kalman
 - Filtrage Particulaire





Conclusion

- **Milieu indoor complexe**
 - Canal dépendant
 - de la géométrie du lieu
 - De la nature des matériaux
 - Canal évoluant dans le temps
- **Diversité de techniques de localisation**
 - Pertinence pour des scénarii spécifiques
 - Limite des techniques imposées
 - Technologie
 - Réglementations
 - Aspects sanitaires et éthiques (vie privée)

⇒ Fusion des méthodes / technologies
⇒ Algorithmes augmentant la robustesse