

Détection de motifs temporels dans les environnements multi-perceptifs

Application à la classification automatique des Activités de la Vie Quotidienne (AVQ) d'une personne suivie à domicile par télémédecine

Anthony FLEURY

Directeurs de thèse : **Norbert NOURY** et **Michel VACHER**

École Doctorale *EEATS* Spécialité *Traitement du Signal*

Laboratoire TIMC-IMAG, équipe AFIRM, UMR CNRS/UJF 5525



Sommaire de la présentation

- 1 Introduction
- 2 Présentation des Activités de la Vie Quotidienne (AVQ) et de l'Habitat Intelligent pour la Santé (HIS) de Grenoble
- 3 Description des capteurs et des données
- 4 Classification des activités
- 5 Expérimentations
- 6 Conclusions et perspectives

Conditions de vie actuelles

- Vieillesse de la population mondiale. Pourcentage de la population d'âge supérieur à 65 ans en 2050 :
 - En France, plus de 33%
 - Dans le monde, plus de 22%
- Vie parfois solitaire (éclatement du noyau familial)
- Un manque de place dans les institutions adaptées

Les HIS : les premiers pas vers une solution viable ?

Des capteurs intégrés à l'habitat pour obtenir des informations sur l'activité et la santé de la personne ? → Retarder l'entrée en institution

État de l'art

Des solutions diversifiées pour les personnes âgées



- Secours et téléassistance : dispositifs d'alarme AlertOne ou Quiatil
- Situations anormales : Tranquil'Assistance, LifeAssistance, bouilloire intelligente au Japon...
- Assistance à domicile : ENABLE (maladie d'Alzheimer), SmartBo (Handicap, Suède), Domus (handicap et troubles cognitifs, Québec)

État de l'art

Télésurveillance

- EliteCare : heures de coucher et de lever de patients atteints de la maladie d'Alzheimer
- Projet CARE (Kröse, 2008) : reconnaissance de l'activité *aller aux WC* et *sortir de l'appartement* (chaînes de markov cachées)
- Royaume-Uni (Hong, 2008) : modèle pour deux activités (*se faire une boisson froide* et *une boisson chaude*)

Évaluation du niveau de dépendance de la personne âgée

- Établi annuellement et manuellement par le médecin gériatre
- Se base sur les scores AGGIR ou ADL
- Détermine le niveau d'allocation (APA...)

Grille AGGIR

Autonomie Gérontologique - **G**roupe Iso-Ressource

- 10 variables discriminantes (toilette, habillage, ...)
- 7 variables illustratrices (cuisine, ménage, ...)

(A) Aucune aide, (B) aide partielle, (C) aide totale.

Grille ADL

Activity of **D**aily **L**iving (Katz)

- Hygiène Corporelle
- Habillage
- Aller aux toilettes
- Locomotion
- Continence
- Repas

Evaluation automatique ? → suivi de l'évolution dans le temps
 → **Objectivation des grilles ADL et AGGIR ?**

Objectifs

Travaux précédents de l'équipe AFIRM

Dernière thèse (Barralon, 2005) : classification d'activités à partir de la localisation, du temps et d'un capteur cinématique (marche et transferts Assis-Debout-Assis). Méthode : coefficients fixes et calcul du Maximum *a posteriori* → 5 activités classifiées

Objectifs et apports des travaux de cette thèse

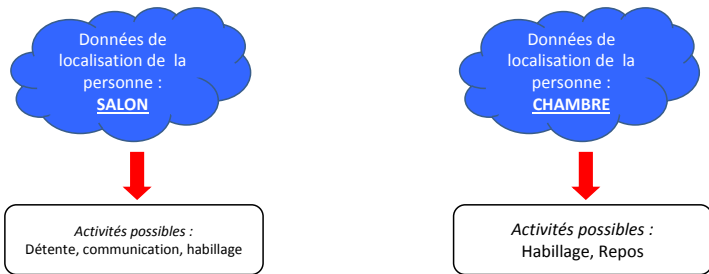
- Choix des capteurs les plus informatifs (multi-modalité)
- Capteur embarqué pour la détection des transferts posturaux et de la marche
- Intégration des données sonores dans la fusion
- Apprentissage automatique des Activités de la Vie Quotidienne

Les activités de la vie quotidienne suivies

Les activités de la vie quotidienne

- Granularité : fenêtre d'analyse des activités de 3 minutes
- Éléments principaux des ADL de Katz et de la grille AGGIR
- Ces activités sont effectuées chaque jour dans notre quotidien
- Sept activités :
 - 1 Repos, sommeil
 - 2 Détente (regarder la TV, lire un livre, écouter la radio...)
 - 3 Habillage/déshabillage
 - 4 Réalisation et prise d'un repas
 - 5 Élimination (WC)
 - 6 Hygiène (faire sa toilette, se laver les dents...)
 - 7 Communication avec l'extérieur (téléphone)

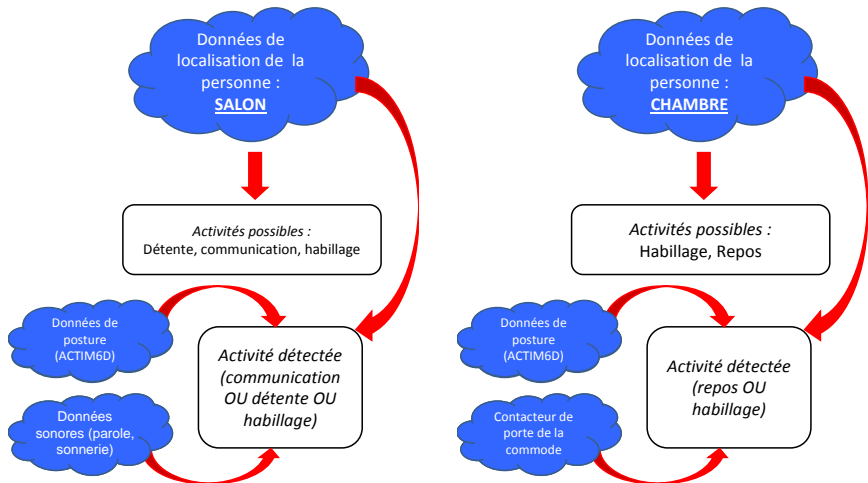
Apport de la multi-modalité pour la détection des AVQ



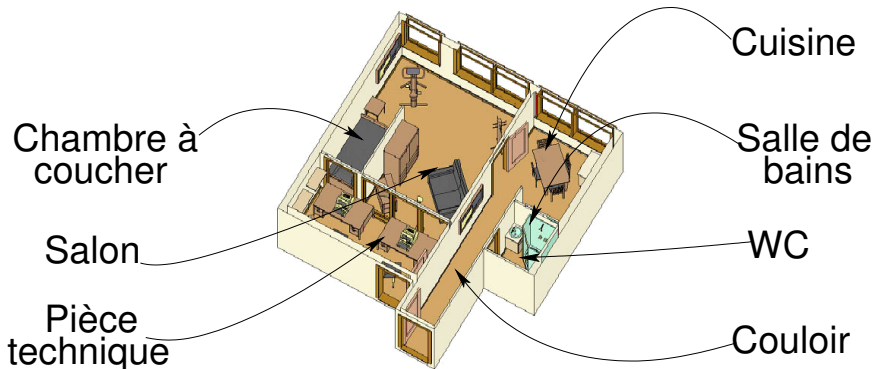
Apport de la multi-modalité pour la détection des AVQ



Apport de la multi-modalité pour la détection des AVQ

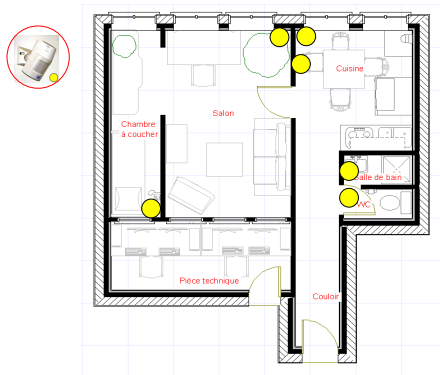


L'appartement HIS de la faculté de médecine de Grenoble



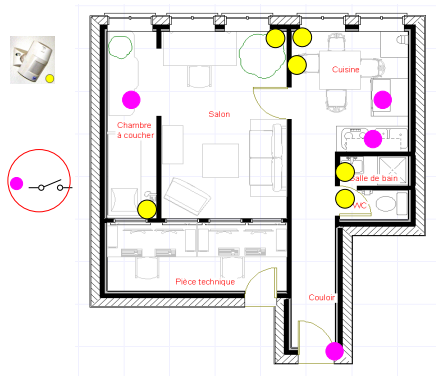
Appartement totalement équipé et habitable au laboratoire

L'appartement HIS de la faculté de médecine de Grenoble



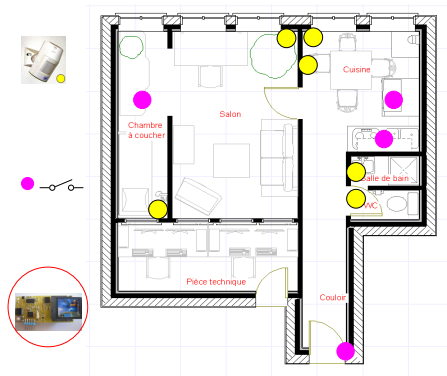
Capteurs de présence infra-rouge (localisation)

L'appartement HIS de la faculté de médecine de Grenoble



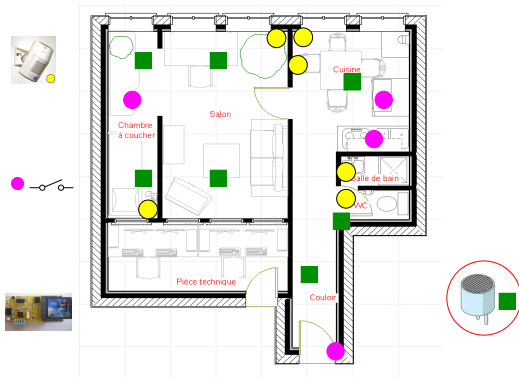
Contacteurs de porte (entrée, commode, réfrigérateur, placard)

L'appartement HIS de la faculté de médecine de Grenoble



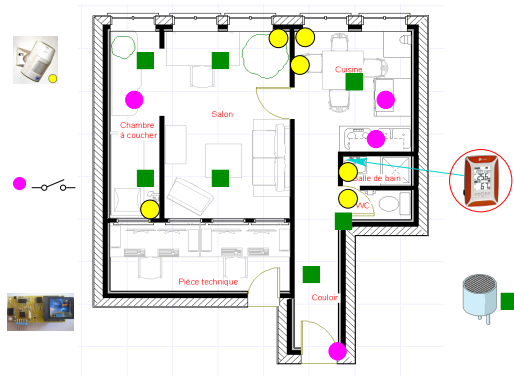
Capteur cinématique embarqué (accéléromètres, magnétomètres)

L'appartement HIS de la faculté de médecine de Grenoble



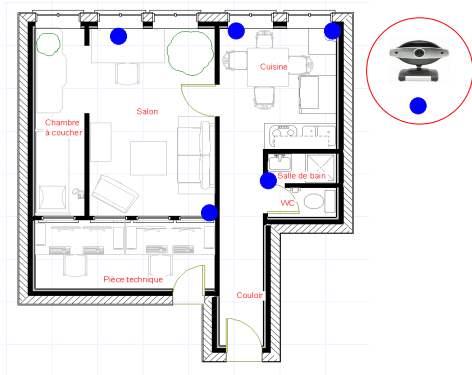
Microphones (reconnaissance de sons et de la parole)

L'appartement HIS de la faculté de médecine de Grenoble

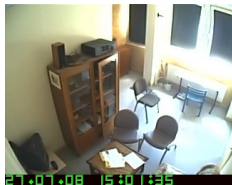


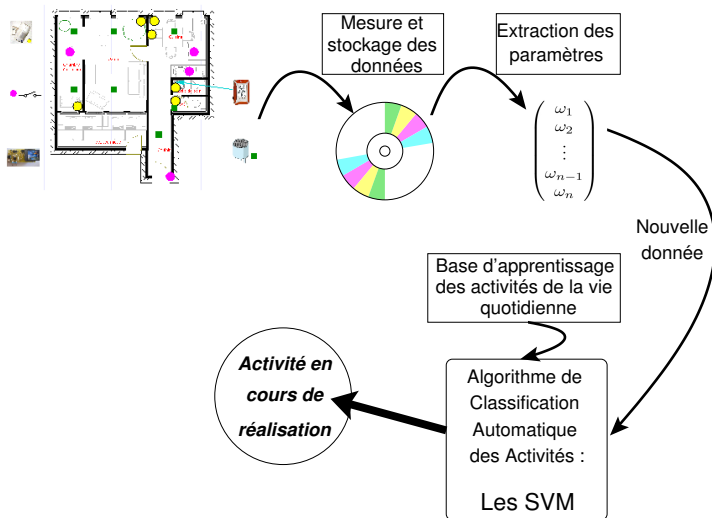
Station météorologique (température et hygrométrie)

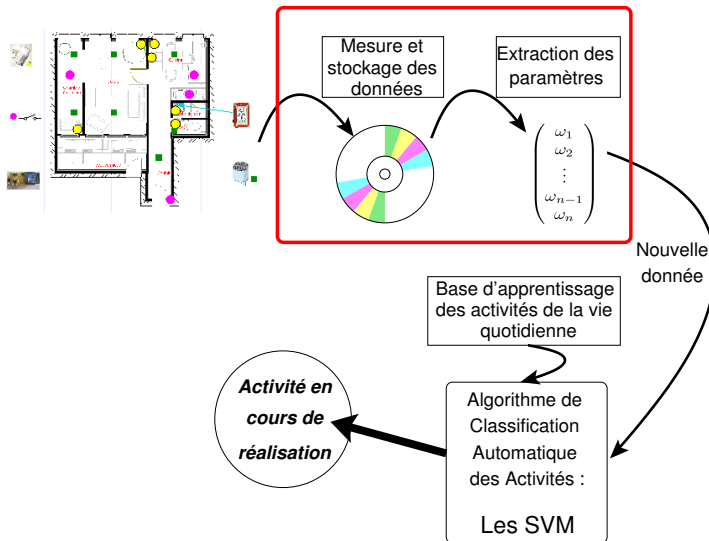
L'appartement HIS de la faculté de médecine de Grenoble



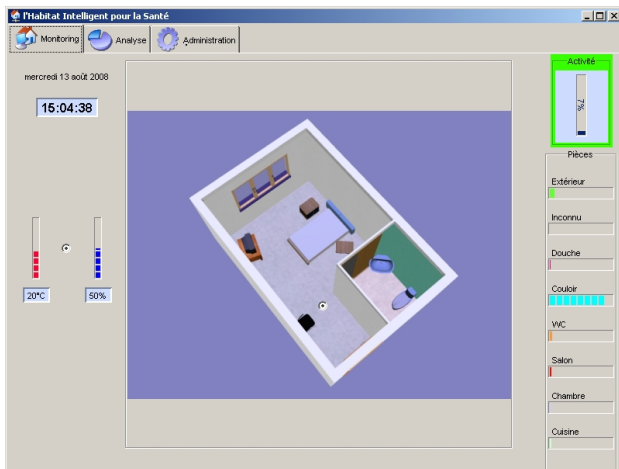
Indexation des activités : webcams grand angle, pas utilisées dans la classification







Application : projet AILISA (Villemazet, 2004)



Application : projet ALLISA (Villemazet, 2004)

Rôle de l'application

- Collecter les données des HIS : capteurs de présence, oxymètre, pèse-personne...
- Stocker les informations dans une base de données
- Offrir les outils d'extraction des données et de gestion des bases
- Générer des alertes et des comptes-rendus journaliers

Les données de localisation

- L'agitation et la mobilité donnent des informations sur l'évolution de la personne
- Plusieurs appartements et chambres hospitalières équipées (depuis 2004)

Données extraites

Fichier de sortie

22	07	2008	13	37	47	3
22	07	2008	13	37	48	3
22	07	2008	13	37	55	7
22	07	2008	13	37	57	7
22	07	2008	13	37	58	3
22	07	2008	13	37	59	3
22	07	2008	13	46	51	1

Date

Heure

Pièce

Paramètres retenus

γ_1

⋮ → Temps par pièces (%)

γ_6

γ_7

⋮ → Détections par pièces

γ_{16}

Contacteurs de porte : données extraites

Contacteurs de porte

Installés à trois endroits de l'appartement :

- Sur la porte de la commode de la chambre (contenant les vêtements)
- Sur la porte du réfrigérateur
- Sur la porte du placard de la cuisine

Données extraites

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_1 \longrightarrow \text{Temps ouvert (\%)} \\ \gamma_2 \longrightarrow \text{Position la plus présente} \end{array} \right.$$

Installation et données extraites

Installation de la centrale

- Station météorologique (La Crosse Technology)
- Température et hygrométrie toutes les 5 minutes

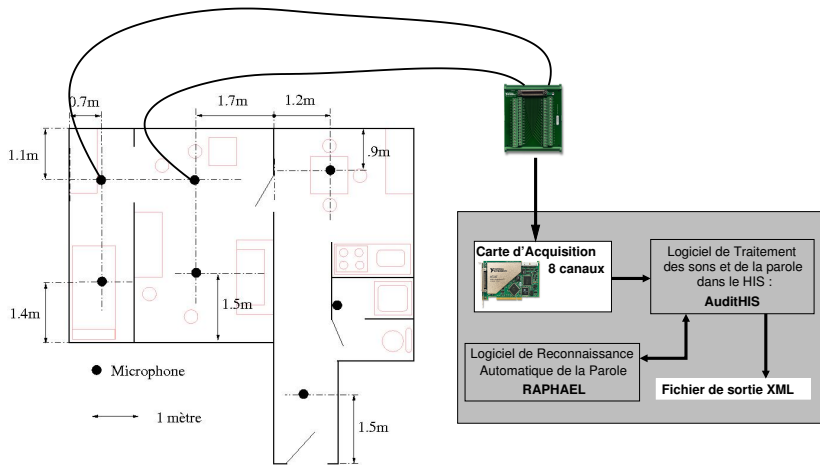


Données extraites

- μ_1 → Somme du carré des différences des trois dernières températures
- μ_2 → Somme du carré des différences des trois dernières valeurs d'hygrométrie

- Informe sur l'utilisation de la salle de bains
- Ne dépend ni de l'heure ni de la saison (différentiel)

Architecture du système d'analyse sonore



Validation en situation réelle dans le HIS dans (Fleury et al., ISG'08)

Traitement des données sonores

Fichier de sortie d'AuditHIS

Identifiant de la détection

Rapport Signal sur Bruit (RSB)

Détections simultanées

Données de détection
 (horodatage, durée, pièce...)

Données de segmentation
 (probabilités, décision)

Données de classification
 (probabilités et décision/phrases
 probables)

Traitement des données sonores

Pré-traitement des sons simultanés : sons

- Détermination du meilleur RSB
- Sélection si RSB supérieur à 80% du maximum
- Vote majoritaire, priorité au meilleur RSB en cas d'égalité

Pré-traitement des sons simultanés : parole

- Détermination du meilleur RSB
- Sélection si RSB supérieur à 80% du maximum
- Décision : poids de 1, 0,75 et 0,5 sur les trois premières phrases
- Vote majoritaire (parole anodine ou détresse, détresse en cas d'égalité)

Données extraites

Fichier de sortie

12.9419	Chambre_Fenetre	2008-07-11/11:02:18	45035	Cris
23.285	Cuisine	2008-07-11/11:02:24	45044	Cris
13.8855	Chambre_Regie	2008-07-11/11:02:38	45054	Parole
33.3434	Couloir	2008-07-11/11:02:42	45059	Cris
25.0563	Salon_Fenetre	2008-07-11/11:02:53	45066	Son de pas
23.6623	Chambre_Fenetre	2008-07-11/11:02:59	45072	Cris
20.9433	Chambre_Regie	2008-07-11/11:03:05	45078	Chute d'objets
23.2928	Chambre_Regie	2008-07-11/11:03:12	45083	Parole
22.5176	Couloir	2008-07-11/11:03:17	45089	Cris
15.7925	Chambre_Fenetre	2008-07-11/11:03:28	45099	Parole

RSB

Microphone

Horodatage

Identifiant

Classe de son

En sortie, 9 classes :

- 8 classes de sons de la vie courante (cri, claquement de porte, vaisselle...)
- 1 classe pour la parole

Paramètres retenus

Nombres d'événements

γ_1

$\vdots \rightarrow$ Par pièces

γ_6

γ_7

$\vdots \rightarrow$ Par classes

γ_{16}

Les capteurs cinématiques

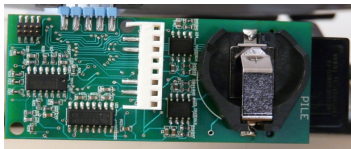
Les systèmes existants

- Plusieurs systèmes existants : Trident (CEA-LETI), Physilog (LMAM, EPFL), Dynaport, XSens...
- Mesure de mouvements de segments ou algorithmes à seuils pour les postures → conception d'un système adapté

Besoins spécifiques

- Concevoir un système autonome, sans fil, le plus petit possible
- Détection de la marche et des postures (assis, debout et allongé) avec un unique capteur embarqué
- Limitation de la détection par seuils → détection de formes
- Suivi sur le long terme (autonomie maximale)

Conception et réalisation d'ACTIM6D



Composants

- Accéléromètre 3D, MMA7260Q, Freescale ($\pm 1.5g$)
- Magnétomètre 3D, HMC1053, Honeywell ($\pm 6Gs$)
- Taille réduite : 6,5cm \times 3,7cm
- f_s : 100Hz, DAC: 10 bits, intégré au microcontrôleur
- Stockage : carte SD/MMC (autonomie : 23j pour 1Go)
- Alimentation : 2 piles bouton 3V (autonomie approx. 20h)

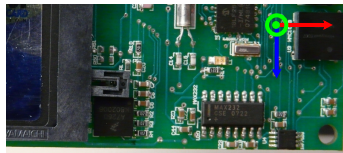
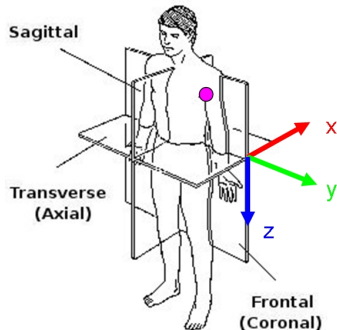
Positionnement du capteur et du système d'axes

Localisation du capteur et repères

Dans une poche cousue sous la manche gauche du tee-shirt

Système d'axes fixé au sujet

- **x** : roulis,
- **y** : tangage,
- **z** : lacet.



Segmentation temporelle

Variance des signaux accélérométriques

- Les signaux accélérométriques renseignent sur les transferts
- Variation plus importante (accélération mise en jeu plus forte) pour les séquences Debout-Allongé/Allongé-Debout
- Détection : analyse de la variance de la norme des accéléromètres et comparaison avec deux seuils (un pour assis et un pour allongé) → segmentation du signal et détection des zones importantes
- Détecte également le fait de s'accroupir et de se baisser → étape de classification

Magnétomètres : l'espace des quaternions

Représentation

- Objectif : indépendance du motif par rapport au nord magnétique
- Utilisation de la représentation des Quaternions
- Notation mathématique, ensemble de nombres hypercomplexes sur les réels défini par :

$$\mathbb{H} = \{a + bi + cj + dk \mid [a, b, c, d] \in \mathbb{R}^4\}, i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$$

- Transformation entre \mathbf{B}_{t_1} et \mathbf{B}_{t_2} :

$$Q = \left(\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) k_x \quad \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) k_y \quad \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) k_z \right)^T$$

- Représente la rotation entre \mathbf{B}_{t_1} et \mathbf{B}_{t_2} , vecteur directeur \mathbf{k} , angle θ

Classification des données : la transformée en ondelettes

Transformée en ondelettes

- Transformation en ondelettes continues : analyse locale d'un signal
- Ondelettes ψ adaptées \rightarrow recherche dans la transformée en ondelettes de surfaces maximales
- Recherche simultanées sur différents signaux aux mêmes valeurs de a (échelle) et b (temps)
- b : moment de la détection
- a : facteur d'échelle \rightarrow vitesse d'exécution du mouvement (détection du mouvement fait plus ou moins rapidement avec un seul modèle d'ondelette mère)

Signaux analysés

Construction d'ondelettes mères ψ à partir des signaux :

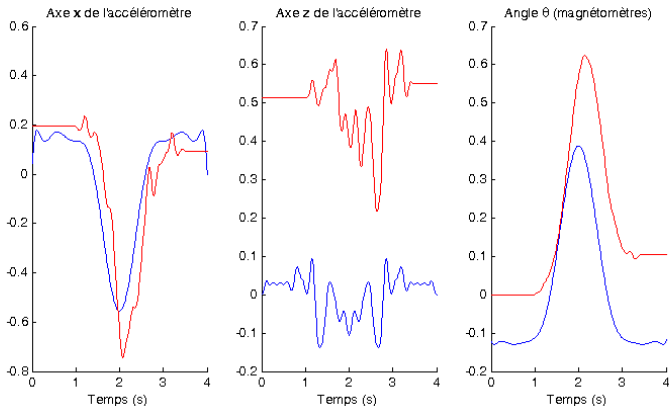
- Accéléromètres :
 - **x** et **z** pour Assis-Debout et Debout-Assis
 - **x**, **y** et **z** pour Allongé-Debout et Debout-Allongé
- Magnétomètres : angle θ avec référence au début de la fenêtre

Construction des ondelettes et modèles

- Approximation d'une moyenne de plusieurs réalisations \rightarrow respect de la forme du signal pour une bonne reconnaissance
- Méthode et degré \rightarrow choisi pour représenter la forme en évitant les singularités

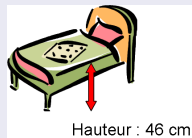
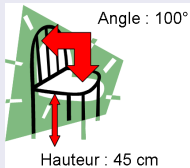
Classification des données : modèles – les fonctions ψ

Modèle pour la transition Assis-Debout (rouge : moyenne de réalisations, bleu : ψ)



Expérimentations préliminaires : protocole expérimental

Matériel



Scénario en 3 phases

- Get Up & Go : 5 essais
- Marcher (3m), s'allonger, rester 5 secondes, se lever, marcher (3m) : 5 essais
- Ramasser un objet et refaire ses lacets.

Expérimentations préliminaires : résultats

Population

12 sujets jeunes, en bonne santé (6 f/6 h), âgés de 24 à 43 ans (moyenne : 30)

Résultats expérimentaux

Mouvements Assis-Debout et Debout-Assis

	Global	Classe Incorrecte	Classe Correcte
Segmentation Incorrecte	18,6%	8%	10,6%
Segmentation Correcte	81,4%	6,4%	75%

Mouvements Allongé-Debout et Debout-Allongé

	Global	Classe Incorrecte	Classe Correcte
Segmentation Incorrecte	31,2%	13,4%	17,8%
Segmentation Correcte	68,6%	4,4%	64,2%

Données extraites pour la classification des activités

Données d'ACTIM6D

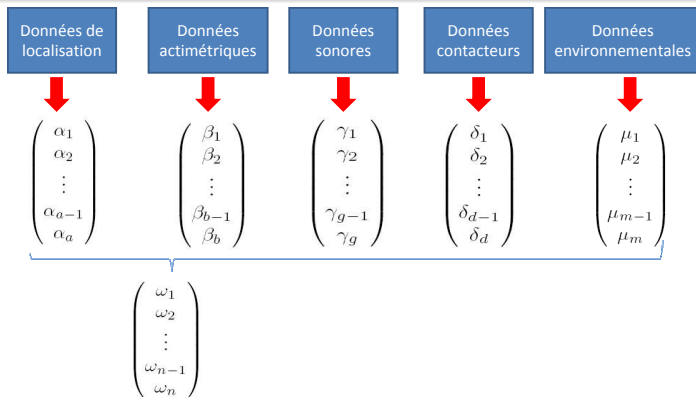
Marche	Début	Fin	
M	0	1198	
P	1483	D	AS
P	3549	AS	D
M	3599	7198	
P	7207	D	AS

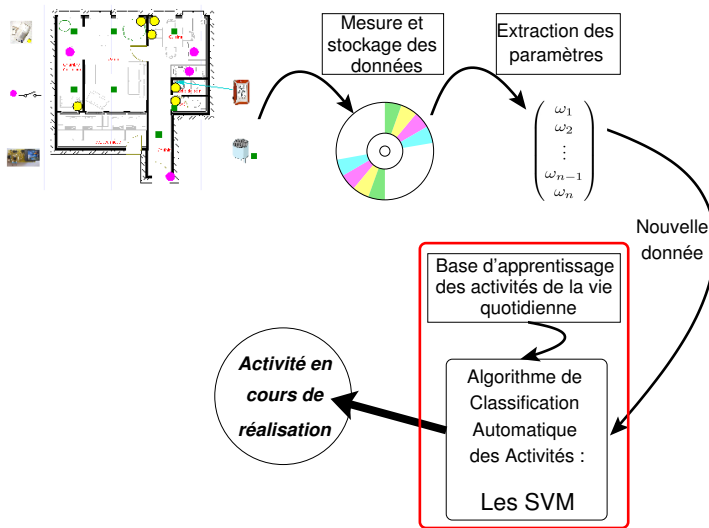
↑ Posture ↑ Temps ↑ Posture Initiale ↑ Posture Finale

Informations extraites

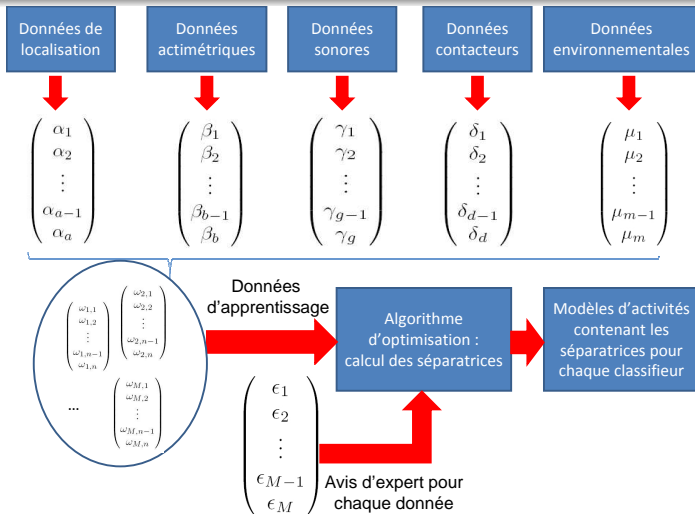
$\left\{ \begin{array}{l} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_3 \\ \beta_4 \end{array} \right. \rightarrow \text{Temps par posture}(\%)$
 $\beta_4 \rightarrow \text{Temps de marche}(\%)$

Recueil et extraction des données

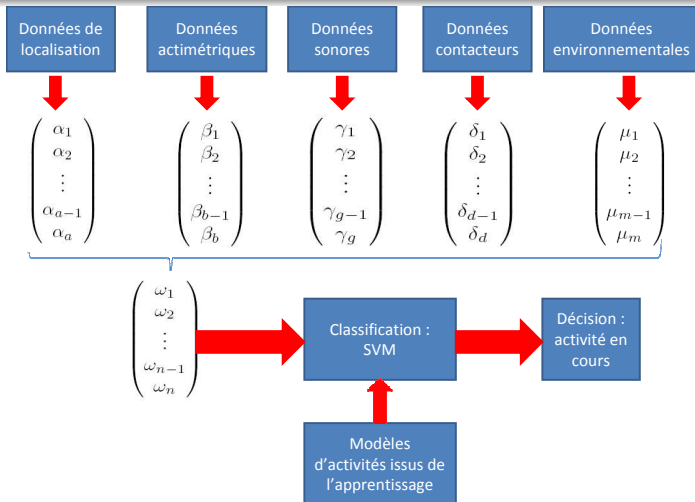




Classification : phase d'apprentissage

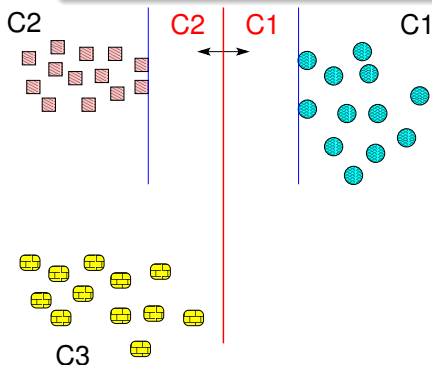


Classification d'un nouvel élément



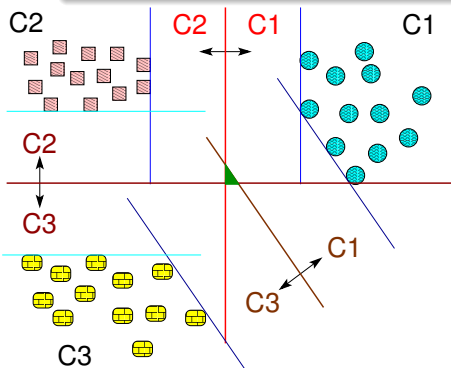
Rappel sur les SVM : Classification multi-classes

- SVM (Boser et Vapnik, 1992) : classifieur binaire reposant sur les notions de marge maximale et de noyau
- Méthodes existantes : M-SVM, un-contre-tous et un-contre-un
- Retenue : un-contre-un



Rappel sur les SVM : Classification multi-classes

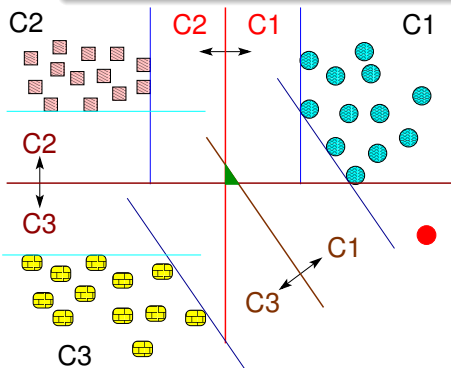
- SVM (Boser et Vapnik, 1992) : classifieur binaire reposant sur les notions de marge maximale et de noyau
- Méthodes existantes : M-SVM, un-contre-tous et un-contre-un
- Retenue : un-contre-un



- $\frac{N \cdot (N-1)}{2}$ classifieurs (N classes)
- Différentiation des classes C_i et C_j , $0 < i \leq N$ et $0 < j < i$

Rappel sur les SVM : Classification multi-classes

- SVM (Boser et Vapnik, 1992) : classifieur binaire reposant sur les notions de marge maximale et de noyau
- Méthodes existantes : M-SVM, un-contre-tous et un-contre-un
- Retenue : un-contre-un



- $\frac{N \cdot (N-1)}{2}$ classifieurs (N classes)
- Différentiation des classes C_i et C_j , $0 < i \leq N$ et $0 < j < i$
- Vote majoritaire :

$$C = \max_{k=1..N} \text{Card}(\{y_{i,j}\} \cap \{k\})$$

Classification des activités

Apprentissage et validation

Emplacement des données de
chaque capteur

Données de synchronisation du
capteur cinématique

Horodatage de chaque activité
réalisée (début et fin)

Méthode de validation retenue : leave-one-out

Contraintes et spécificités expérimentales

- Une entrée et une sortie de l'appartement
- Simulation d'une matinée (7 activités décrites précédemment)
- Chaque activité est faite au moins une fois sans contrainte de temps ou d'ordre
- Les toilettes et la salle de bains ne sont pas filmées
- Activité d'hygiène demandée : se laver les mains et les dents
- Mouvement de synchronisation pour le capteur cinématique

Conditions expérimentales

- Toutes les expérimentations ont eu lieu à la faculté de médecine
- Visite de l'appartement au début de l'expérimentation

Données expérimentales

Population

- Expérimentation préliminaire sur 13 sujets jeunes (6 femmes et 7 hommes)
- Moyenne d'âge : 30,4 ans (24 – 43 ans, min–max)
- Temps d'exécution : 51min 40s (23min 11s – 1h 35min 44s, min–max)

Données expérimentales

Répartition du nombre de fenêtres par classe

Classe	Nom	Répartition
Repos	C1	49 19,4%
Détente	C2	75 29,7%
Habillage/déshabillage	C3	16 6,3%
Repas	C4	45 17,8%
Élimination	C5	16 6,3%
Hygiène	C6	14 5,5%
Communication	C7	17 6,7%
Total		252 100%

Résultats de la classification

Noyau Polynômial ($d = 2$)

Résultats similaires pour $d = 1$ et $d = 2$.

Taux globaux : 71,31% et 71,78%

Matrice de confusion pour le cas $d = 2$:

		Résultat de la classification						
		C1 Repos	C2 Détente	C3 Habillage	C4 Repas	C5 Élimination	C6 Hygiène	C7 Communication
Activité	C1	89,8%	4,1%	6,1%	0%	0%	0%	0%
	C2	13,3%	77,3%	4%	0%	0%	1,4%	4%
	C3	25%	6,25%	62,5%	0%	0%	0%	6,25%
	C4	2,2%	4,4%	0%	82,3%	2,2%	6,7%	2,2%
	C5	0%	12,5%	0%	6,25%	68,75%	12,5%	0%
	C6	7,1%	14,3%	0%	14,3%	21,3%	50%	0%
	C7	0%	17,6%	5,9%	0%	0%	0%	76,5%

Résultats de la classification

Noyau Gaussien

Optimisation du paramètre σ : $\sigma^2 = 28$

Taux global de bonne classification : 78,8%.

Matrice de confusion :

		Résultat de la classification						
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
		Repos	Détente	Habillage	Repas	Élimination	Hygiène	Communication
Activité	C1	93,9%	4,1%	2%	0%	0%	0%	0%
	C2	12%	84%	0%	1,3%	0%	0%	2,7%
	C3	18,75%	6,25%	68,75%	0%	0%	0%	0%
	C4	0%	2,2%	0%	95,6%	0%	0%	2,2%
	C5	0%	6,25%	0%	6,25%	75%	12,5%	0%
	C6	7,1%	7,1%	0%	7,1%	21,5%	57,2%	0%
	C7	0%	5,9%	5,9%	0%	0%	0%	88,2%

Conclusions

- De la conception à la validation d'un capteur cinématique :
 - Autonome, de taille réduite, portable sur le long terme
 - Premiers résultats : 70% de bonne détection des postures
- Validation d'un système de reconnaissance de sons et de la parole :
 - La classification dans ces conditions correspond à un défi important
 - Conditions délicates : RSB de 12dB en moyenne contre 27dB en laboratoire
- Classification des Activités de la Vie Quotidienne
 - Test en conditions réelles : classification avec 78% de bonne détection pour 13 sujets et 7 activités
 - Résultats différents selon les classes du fait de la disparité de la base d'apprentissage

Perspectives

- Capteur cinématique embarqué :
 - Embarquer les algorithmes → transmission en temps réel
 - Expérimenter et valider ACTIM6D à plus grande échelle
 - Nombreuses applications possibles non liées au HIS
- Système de reconnaissance du son et de la parole
 - Améliorer le RSB moyen (techniques de réduction de bruit)
 - Optimiser le modèle de langage pour la vie courante
 - Adapter les modèles acoustiques aux personnes âgées
- Classification des AVQ :
 - Base d'apprentissage plus importante → (1) autres méthodes de classification, (2) apport de chacun des capteurs
 - Correction des décisions
 - Suivi à long terme : **score** décrivant l'état de la personne → entretien avec des géiatres

Détection de motifs temporels dans les environnements multi-perceptifs

Application à la classification automatique des Activités de la Vie Quotidienne (AVQ) d'une personne suivie à domicile par télémédecine

Anthony FLEURY

Directeurs de thèse : **Norbert NOURY** et **Michel VACHER**

École Doctorale *EEATS* Spécialité *Traitement du Signal*

Laboratoire TIMC-IMAG, équipe AFIRM, UMR CNRS/UJF 5525



Introduction

Télémédecine : pour qui ?

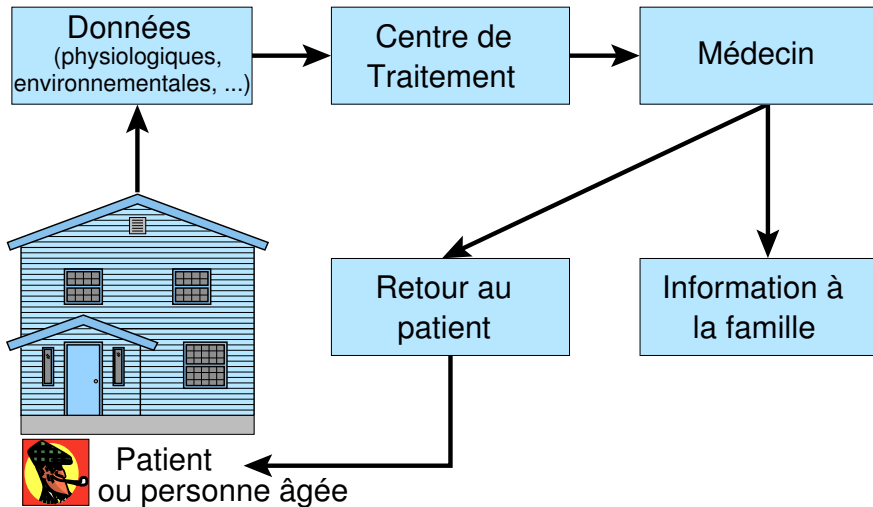
Public visé par la télémédecine

- Réduction des coûts et meilleur rétablissement (environnement et rythme de vie propre)
- Pathologies diverses : oncologie, néphrologie, obstétrique...
- Pour la personne âgée, donne une information sur :
 - Rythmes de vie et niveaux d'activité
 - Situations d'urgence (chute, ...)
 - À terme : perte d'autonomie ?

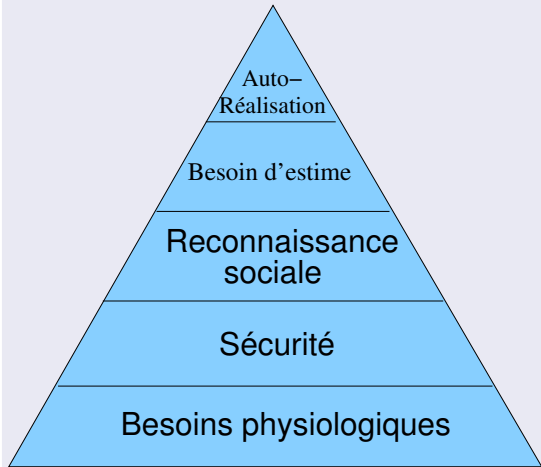
Télémédecine : un complément

La technique est un complément, pas une substitution au soin ou à l'attention portée

Architecture possible d'un système de télémédecine



La pyramide de Maslow



Besoins :

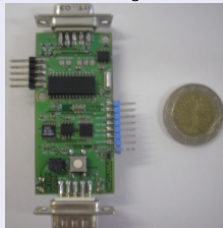
- Apprentissages, activités désintéressées
- Respect de soi-même et des autres
- Communication et expression, d'aimer et d'être aimé
- Assuré du lendemain physiquement et moralement
- Équilibre de l'organisme

Architecture de base autour du réseau CAN

Réception sans fil et connexion CAN



Carte SmartCAN gérant le réseau CAN



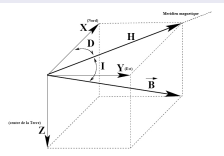
Acquisition et stockage des autres capteurs

Nouveaux capteurs (environnementaux, contacteurs, caméras, microphones) répartis sur cinq machines dans le local technique

Les accéléromètres

- Champ gravitationnel dû à la masse de la Terre
- Accélération : $9,81\text{m/s}^2$ perpendiculaire et dirigée vers le sol
- L'accéléromètre mesure :
 - 1 La projection sur ses axes du champ gravitationnel
 - 2 L'accélération apportée par le mouvement du sujet

Les magnétomètres



- Mesure la projection sur ses axes du champ magnétique perçu. Terrestre $\approx 47\mu T$ à Grenoble (très faible)
- Sensible à la présence d'éléments métalliques

Méthode de détection

- Analyse fenêtrée du signal accélérométrique
- Période d'analyse : 5 secondes (changements de pièces)
- Fenêtrage du signal avec une fenêtre de Hamming
- Transformée de Fourier à court terme (N fréquences dans [0.8;5 Hz]) :

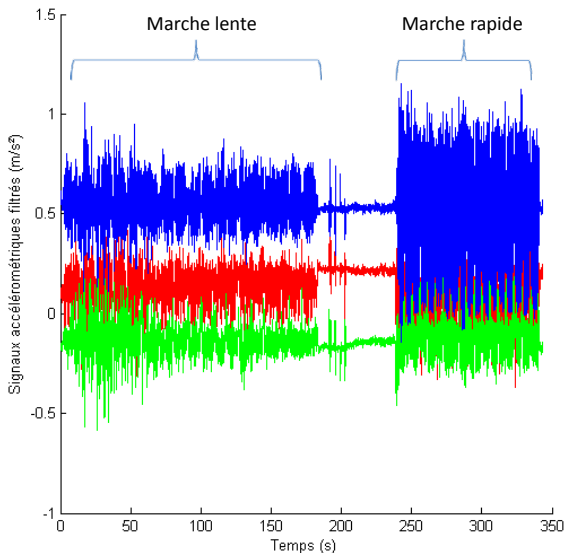
$$X(\omega_j, \tau) = \int_{\mathbb{R}} x(t) w(t-\tau) e^{-j\omega_j t} dt, \quad \tau \in \mathbb{R}, \omega_j \in [0.8; 5\text{Hz}]$$

- Décision sur dépassement d'un seuil (fixé au préalable par expérimentation) :

$$S(\tau) = \begin{cases} 1 \text{ (Marche)} & \text{si } \sum_{j=1}^N X(\omega_j, \tau) > s_{marche} \\ 0 \text{ (Non-Marche)} & \text{sinon} \end{cases}$$

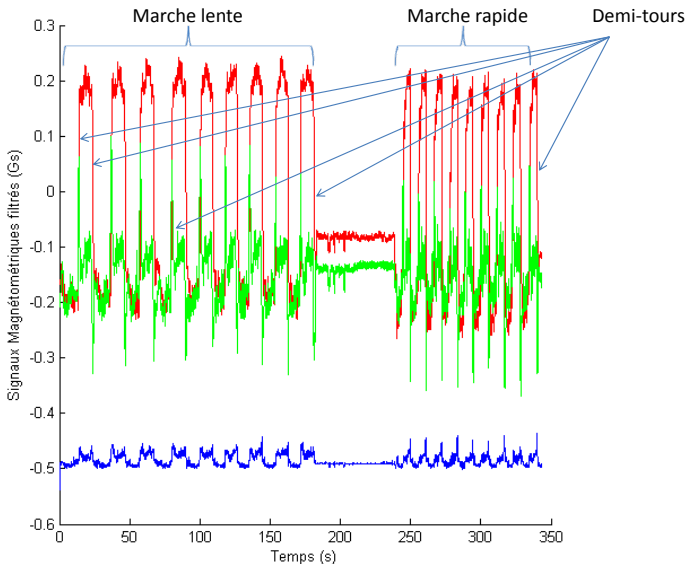
Détection de la marche (2/2)

Session de marche 10 allers-retours marche lente puis 10 marche rapide



Détection de la marche (2/2)

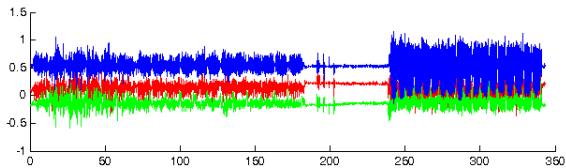
Session de marche 10 allers-retours marche lente puis 10 marche rapide



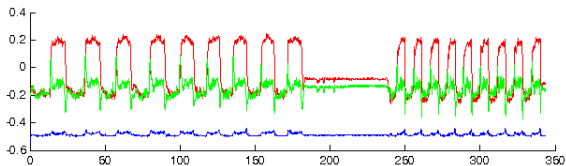
Détection de la marche (2/2)

Session de marche 10 allers-retours marche lente puis 10 marche rapide

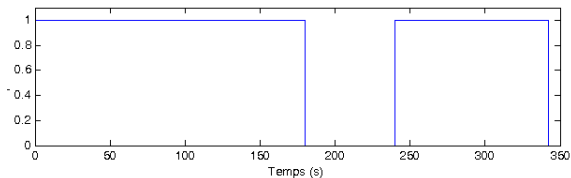
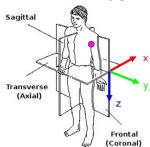
Accéléromètres (g)



Magnétomètres (Gs)

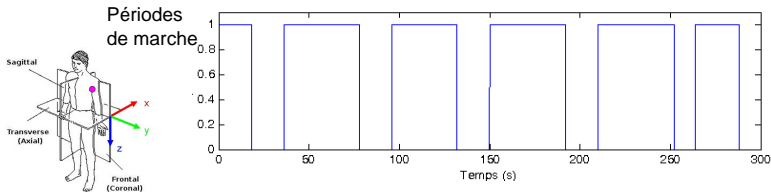
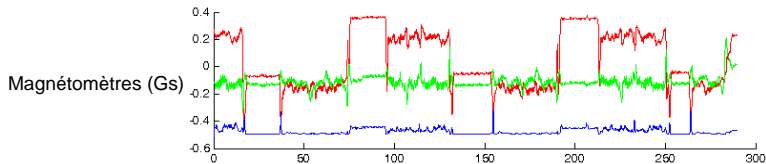
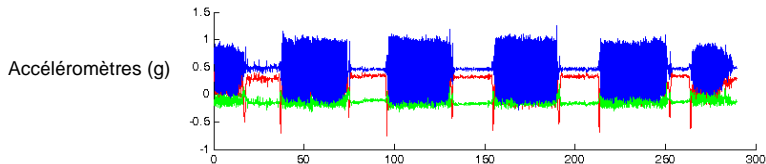


Périodes
de marche

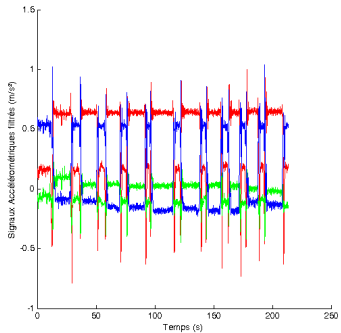


Détection de la marche (2/2)

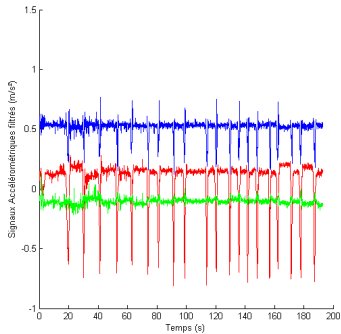
Session de marche 10 allers-retours Up&Go avec marche 80 mètres



Segmentation temporelle (1/3)

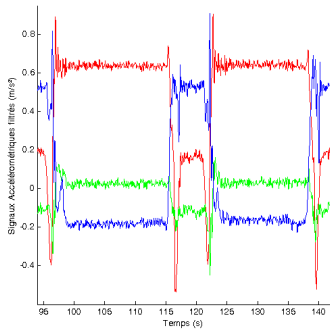


Debout-Allongé-Debout

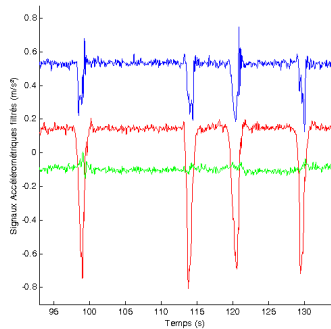


Debout-Assis-Debout

Segmentation temporelle (1/3)



Debout-Allongé-Debout



Debout-Assis-Debout

Variance des signaux accélérométriques

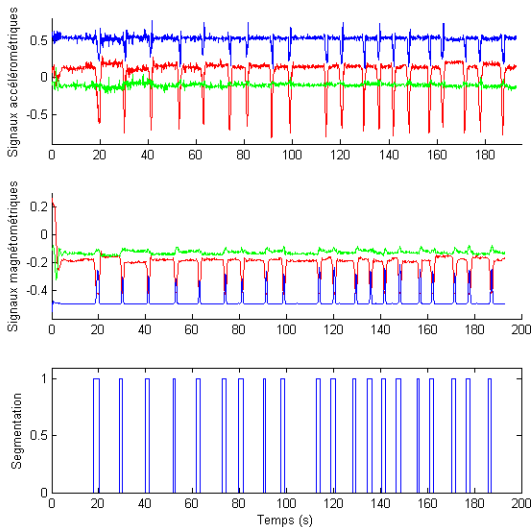
- Les signaux accélérométriques renseignent sur les transferts
- Variation plus importante (accélération mise en jeu plus importante) pour les séquences Debout-Allongé/Allongé-Debout
- Détection effectuée sur la variance de la norme des accéléromètres, par fenêtrage glissant (taille de fenêtre non fixe, recherche de la meilleure taille)
- Détecte également le fait de s'accroupir, de se baisser...

Critère de décision

Fenêtre s_i du signal accélérométriques (s_{ass} et s_{all} seuils fixés) :

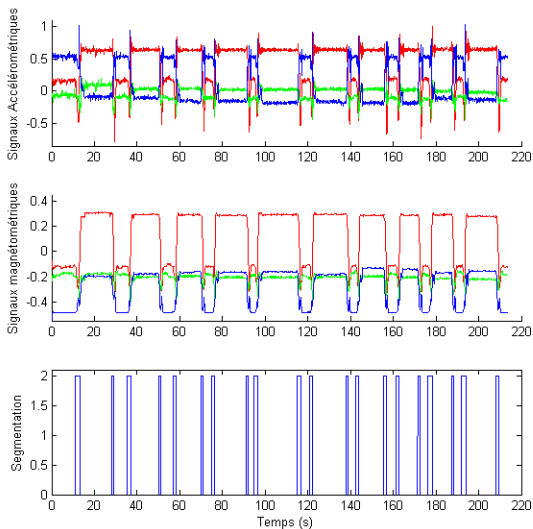
$$\text{Seg}_i = \begin{cases} 1 \text{ (Debout-Assis/Assis-Debout)} & \text{si } 0,5 \cdot s_{ass} \leq s_i \leq 1,5 \cdot s_{ass} \\ 2 \text{ (Debout-Allongé/Allongé-Debout)} & \text{si } 0,5 \cdot s_{all} \leq s_i \leq 1,5 \cdot s_{all} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Séquences Debout-Assis-Debout



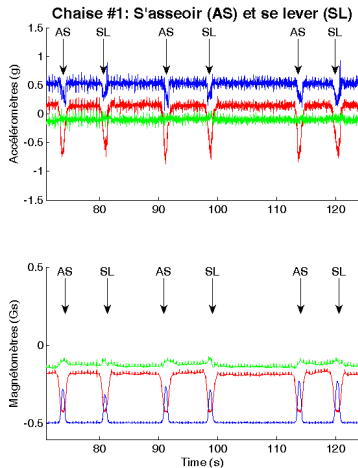
Segmentation temporelle (3/3)

Séquences Debout-Allongé-Debout



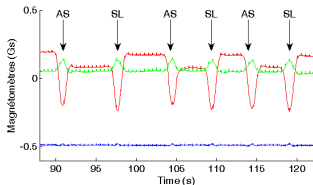
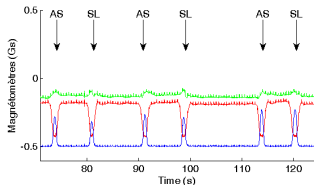
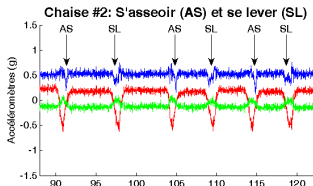
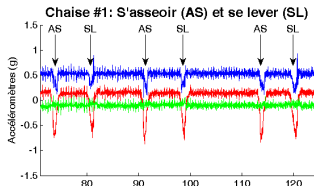
Magnétomètres : l'espace des quaternions

Répétabilité des motifs sur des séquences Debout-Assis-Debout

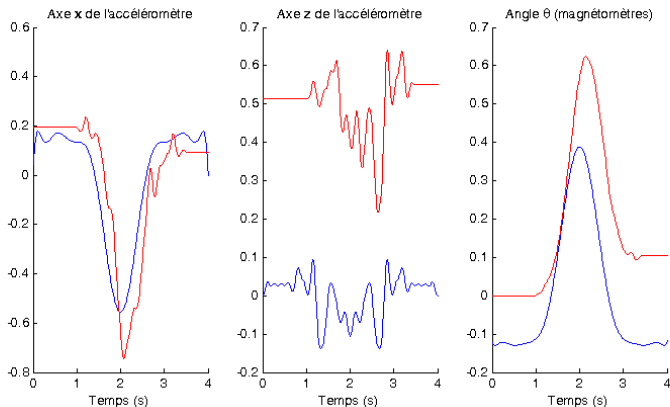


Magnétomètres : l'espace des quaternions

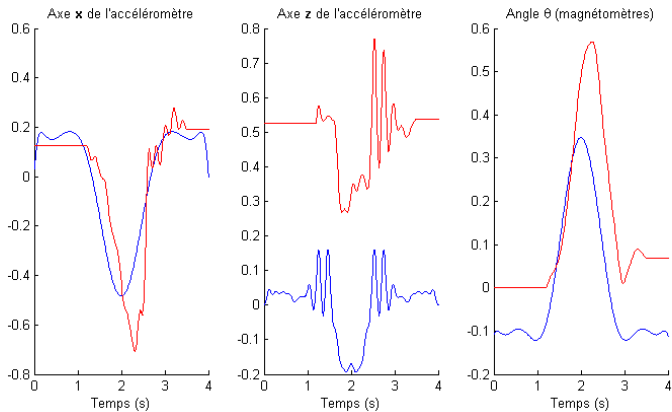
Répétabilité des motifs sur des séquences Debout-Assis-Debout



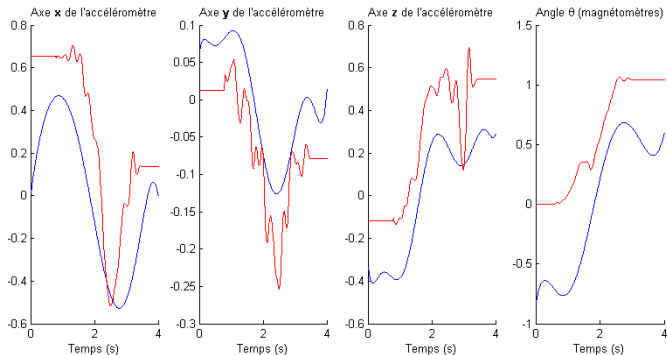
Modèle pour la transition Assis-Debout



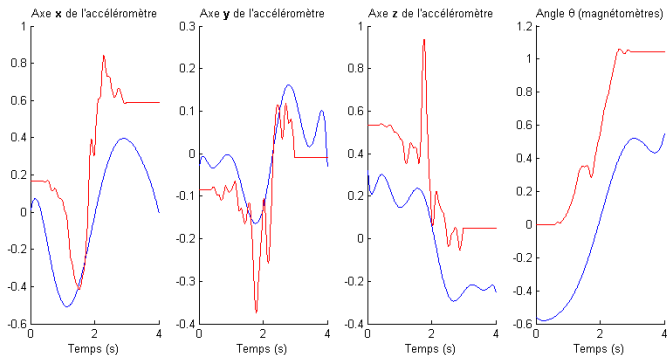
Modèle pour la transition Debout-Assis



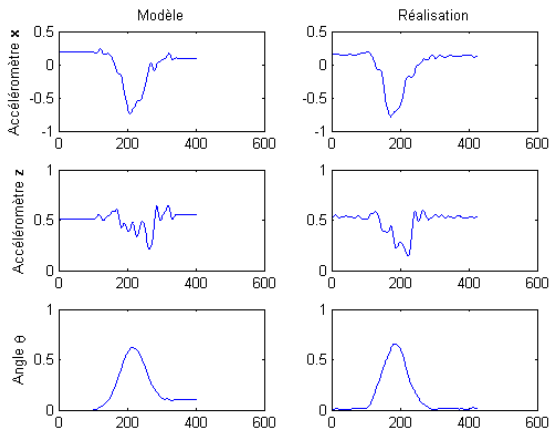
Modèle pour la transition Allongé-Debout



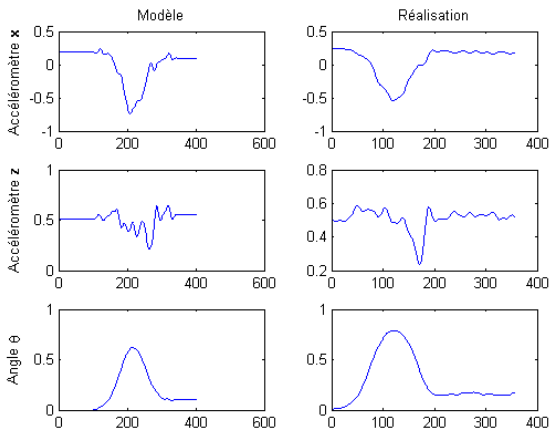
Modèle pour la transition Debout-Allongé



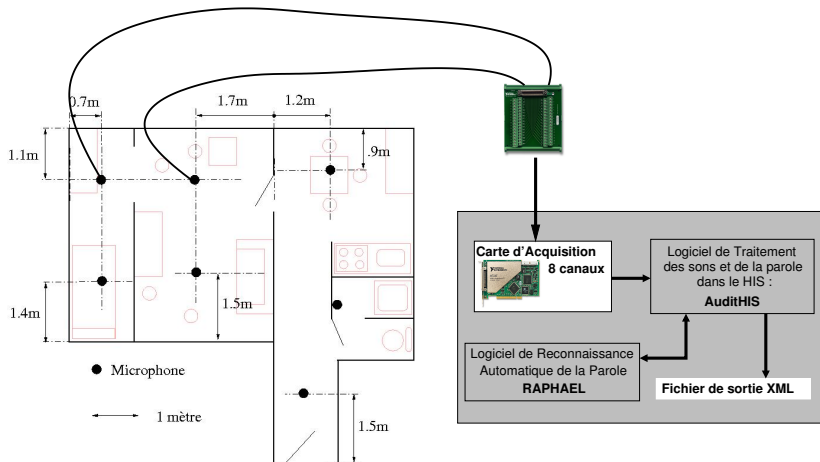
Modèle et réalisation d'un Assis-Debout sur la chaise #1



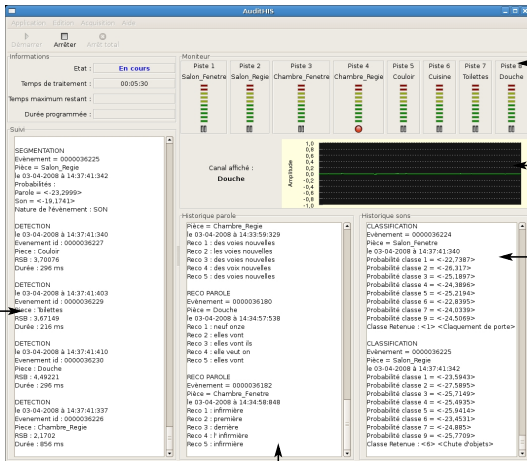
Modèle et réalisation d'un Assis-Debout sur la chaise #2



Architecture du système du GETALP (LIG)



Application : Le logiciel AuditHIS (Hubert Glasson, 2008)



Niveau des microphones

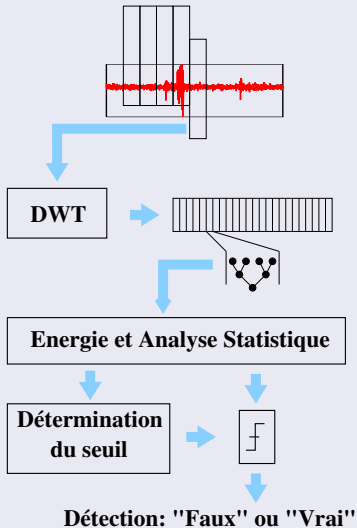
Signaux bruts

Classification des sons

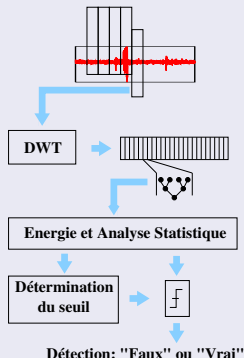
Segmentation

Reconnaissance de la parole

Algorithme de détection des sons



Algorithme de détection des sons



Estimation du rapport signal sur bruit (RSB)

- Calcule de l'énergie du signal de chaque fenêtre
- Dix dernières fenêtre sans détection : bruit ambiant sur ce microphone
- RSB : rapport de l'énergie de la fenêtre de détection avec cette moyenne

Méthode de segmentation

- Paramètres acoustique : coefficients LFCC (Linear Frequency Cepstral Coefficients), fenêtres de 16ms, banc de filtre à 16 éléments, recouvrement des fenêtres : 50%
- Apprentissage : deux classes, Modèle à Mixture de Gaussiennes à 24 distributions. Initialisation aléatoire des Gaussiennes puis apprentissage des classes par optimisation avec l'algorithme EM
- Classification : calcul des paramètres acoustiques sur la fenêtre, détermination des probabilités d'appartenance à chacune des classes. Sélection de la probabilité maximum.

Résultats en laboratoire

- Testé par validation croisée sur l'ensemble des corpus enregistrés en laboratoire
- Les résultats, dépendant fortement du RSB, se stabilisent au dessus de 20dB.

Taux d'erreur	RSB
17.3%	0 dB
5.1%	10 dB
3.8%	20 dB
3.6%	40 dB

Classification des sons de la vie courante

- Méthode de classification : Modèle de mixture de modèles avec 12 gaussiennes
- Paramètres de classification : LFCC avec 24 coefficients
- Classification des sons de la vie quotidienne en huit classes :
 - Sons normaux : claquement de porte, serrure, son de pas, sonnerie de téléphone, son de vaisselle
 - Sons détresse : bri de verre, chute d'objet, cri
- Composition du corpus : 1 985 sons (35 min 38s), $RSB = 27dB$, $f_s = 16kHz$

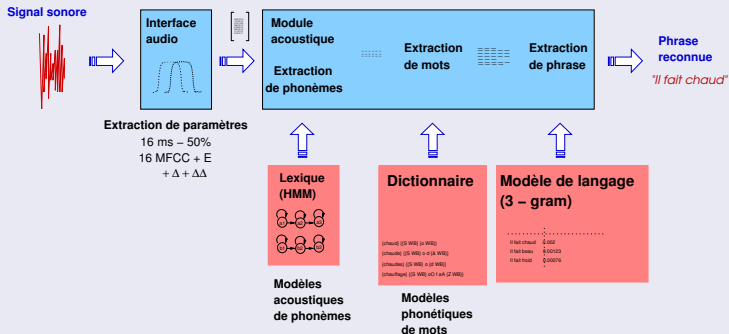
Résultats en laboratoire (Validation croisée)

- Testé par validation croisée sur le corpus des sons de la vie courante
- Les résultats de nouveau dépendent du RSB

Taux d'erreur	RSB
36.6%	0 dB
21.3%	10 dB
12%	20 dB
9.3%	40 dB

Reconnaissance de la parole

Reconnaissance de la parole



- Corpus d'entraînement : plus de 300 locuteurs français,
- Modèle de langage : 9958 mots, à partir des informations textuelles (dans le Monde et sur Internet)

Résultats de la validation

Corpus	Taux d'erreur
Normal (Fausses alarmes)	0.5%
Détresse (Alarmes manquées)	22%
Global	11%

Corpus de validation

- 60 phrases de détresse,
- 66 phrases normales,
- 21 locuteurs.

Validation dans le HIS

Protocole expérimental

Scenario (répété trois fois)

- Fermer la porte de la salle de bain
- Crier "Aïe",
- Bouger une cuillère dans une tasse à café
- Faire tomber une boîte en carton de la table

Classification de la parole

Cinq ensemble de phrases et de conversations téléphoniques. Aucun ordre sur les mouvements ou la position par rapport aux microphones. 45 phrases au total :

- Énoncer vingt phrases de détresses,
- Énoncer dix phrases normales
- Répondre au téléphone et énoncer les conversations données (3)

Validation dans le HIS

Résultats expérimentaux

Population et collecte

- 10 sujets (7 hommes, 3 femmes)
- 3164 sons collectés, 2019 éliminés (RSB trop faible), RSB moyen : $12.65 \pm 5.6dB$,
- Après classification, 1008 sons, RSB moyen : $14.4 \pm 6.5dB$.

Résultats expérimentaux : matrice de confusion

Action	Resultats							
	Sons de la vie courante						Parole	
	Claquement	Téléphone	Vaisselle	Bri de Verre	Chute d'objet	Cris	Normale	Détresse
Claquement de porte	80.1%	0%	0%	0%	19.9%	0%	0%	0%
Sonnerie de téléphone	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Son de vaisselle	0%	0%	51%	0%	2.1%	3.5%	43.4%	0%
Chute d'objet	21%	0%	0%	2%	77%	0%	0%	0%
Cris	0%	2.4%	4%	2.4%	0%	78%	13.2%	0%
Parole Normale	0.4%	0%	2.1%	0%	2.5%	2.9%	90.5%	1.6%
Parole Détresse	1.4%	0%	1%	0%	1.4%	0%	51%	45.2%

Validation dans le HIS

Résultats expérimentaux

Résultats expérimentaux : matrice de confusion

Action	Resultats							
	Sons de la vie courante						Parole	
	Claquement	Téléphone	Vaisselle	Bri de Verre	Chute d'objet	Cris	Normale	Détresse
Claquement de porte	80.1%	0%	0%	0%	19.9%	0%	0%	0%
Sonnerie de téléphone	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Son de vaisselle	0%	0%	51%	0%	2.1%	3.5%	43.4%	0%
Chute d'objet	21%	0%	0%	2%	77%	0%	0%	0%
Cris	0%	2.4%	4%	2.4%	0%	78%	13.2%	0%
Parole Normale	0.4%	0%	2.1%	0%	2.5%	2.9%	90.5%	1.6%
Parole Détresse	1.4%	0%	1%	0%	1.4%	0%	51%	45.2%

Validation dans le HIS

Résultats expérimentaux

Résultats expérimentaux : matrice de confusion

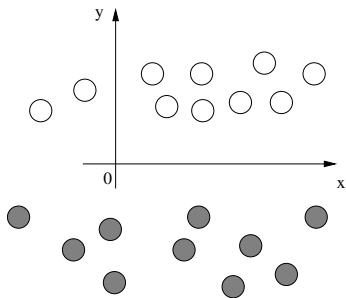
Action	Resultats							
	Sons de la vie courante						Parole	
	Claquement	Téléphone	Vaisselle	Bri de Verre	Chute d'objet	Cris	Normale	Détresse
Claquement de porte	80.1%	0%	0%	0%	19.9%	0%	0%	0%
Sonnerie de téléphone	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Son de vaisselle	0%	0%	51%	0%	2.1%	3.5%	43.4%	0%
Chute d'objet	21%	0%	0%	2%	77%	0%	0%	0%
Cris	0%	2.4%	4%	2.4%	0%	78%	13.2%	0%
Parole Normale	0.4%	0%	2.1%	0%	2.5%	2.9%	90.5%	1.6%
Parole Détresse	1.4%	0%	1%	0%	1.4%	0%	51%	45.2%

Rappel sur les SVM

Classification binaire linéairement séparable

Les séparateurs à vaste marge

- Classifieur : $f : X \subset \mathbb{R}^d \rightarrow Y \subset \mathbb{N}$
- SVM (Boser et Vapnik, 1992) : met en commun les notions de marge maximale et de noyau



- Hyperplan tel que la marge avec les points le plus proche de chaque classe soit maximale :

$$\arg \max_{w, w_0} \min_{i=1..n} \left\{ \|x - x_i\| : x \in \mathbb{R}^d, \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{x} + w_0 = 0 \right\}$$

- Décision (signe du produit scalaire) : u_i tel que

$$\begin{cases} \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0 > 0 \Rightarrow u_i = 1 \\ \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0 < 0 \Rightarrow u_i = -1 \end{cases}$$

- Résolution du problème :

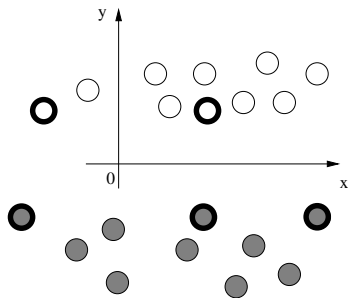
$$\begin{cases} \text{Minimisation de la quantité } \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 \\ \text{Contrainte : } u_i (\mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0) > 1, i = 1..n \end{cases}$$

Rappel sur les SVM

Classification binaire linéairement séparable

Les séparateurs à vaste marge

- Classifieur : $f : X \subset \mathbb{R}^d \rightarrow Y \subset \mathbb{N}$
- SVM (Boser et Vapnik, 1992) : met en commun les notions de marge maximale et de noyau



- Hyperplan tel que la marge avec les points le plus proche de chaque classe soit maximale :

$$\arg \max_{w, w_0} \min_{i=1..n} \left\{ \|x - x_i\| : x \in \mathbb{R}^d, \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{x} + w_0 = 0 \right\}$$

- Décision (signe du produit scalaire) : u_i tel que

$$\begin{cases} \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0 > 0 \Rightarrow u_i = 1 \\ \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0 < 0 \Rightarrow u_i = -1 \end{cases}$$

- Résolution du problème :

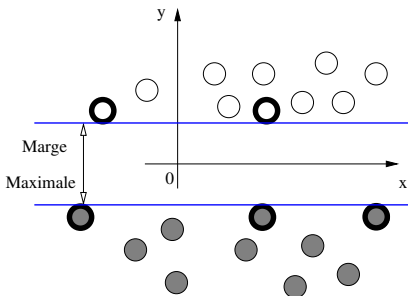
$$\begin{cases} \text{Minimisation de la quantité } \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 \\ \text{Contrainte : } u_i (\mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0) > 1, i = 1..n \end{cases}$$

Rappel sur les SVM

Classification binaire linéairement séparable

Les séparateurs à vaste marge

- Classifieur : $f : X \subset \mathbb{R}^d \rightarrow Y \subset \mathbb{N}$
- SVM (Boser et Vapnik, 1992) : met en commun les notions de marge maximale et de noyau



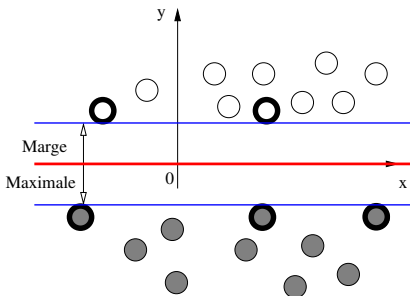
- Hyperplan tel que la marge avec les points le plus proche de chaque classe soit maximale :
$$\arg \max_{w, w_0} \min_{i=1..n} \left\{ \|x - x_i\| : x \in \mathbb{R}^d, \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{x} + w_0 = 0 \right\}$$
- Décision (signe du produit scalaire) : u_i tel que
$$\begin{cases} \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0 > 0 \Rightarrow u_i = 1 \\ \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0 < 0 \Rightarrow u_i = -1 \end{cases}$$
- Résolution du problème :
$$\begin{cases} \text{Minimisation de la quantité } \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 \\ \text{Contrainte : } u_i (\mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0) > 1, i = 1..n \end{cases}$$

Rappel sur les SVM

Classification binaire linéairement séparable

Les séparateurs à vaste marge

- Classifieur : $f : X \subset \mathbb{R}^d \rightarrow Y \subset \mathbb{N}$
- SVM (Boser et Vapnik, 1992) : met en commun les notions de marge maximale et de noyau



- Hyperplan tel que la marge avec les points le plus proche de chaque classe soit maximale :
$$\arg \max_{w, w_0} \min_{i=1..n} \left\{ \|x - x_i\| : x \in \mathbb{R}^d, \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{x} + w_0 = 0 \right\}$$
- Décision (signe du produit scalaire) : u_i tel que
$$\begin{cases} \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0 > 0 \Rightarrow u_i = 1 \\ \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0 < 0 \Rightarrow u_i = -1 \end{cases}$$
- Résolution du problème :
$$\begin{cases} \text{Minimisation de la quantité } \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 \\ \text{Contrainte : } u_i (\mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0) > 1, i = 1..n \end{cases}$$

Rappel sur les SVM

Classification binaire non linéairement séparable : notion de noyau

Formulation des SVM et produit scalaire

- Décision : signe du produit scalaire avec l'hyperplan

$$\begin{cases} \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0 > 0 \Rightarrow u_i = 1 \\ \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + w_0 < 0 \Rightarrow u_i = -1 \end{cases}$$

- Espace non linéairement séparable, fonction Kéquivalente à un produit scalaire dans un espace de redescription \rightarrow **Kernel Trick**

Kernel Trick (Aizerman, 1964)

- Fonction K avec $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \langle \phi(\mathbf{x}_i)^T, \phi(\mathbf{x}_j) \rangle$, $(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) \in X \times X$
- Condition de Mercer (1909) : continue, symétrique et définie non-négative

Linéaire : $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \mathbf{x}_i^T \cdot \mathbf{x}_j$

Polynômial : $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = (\mathbf{x}_i^T \cdot \mathbf{x}_j + 1)^p$

Gaussien : $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \exp\left(-\frac{\|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|^2}{2\sigma^2}\right)$