

# **Chien augmenté pour l'assistance aux personnes handicapées**

**Yves Rybarczyk**

[yr@uninova.pt](mailto:yr@uninova.pt)

***(Projet COCHISE – ANR-012-BLANC)***

**CENTRES DE RECHERCHE**



# Universidade Nova de Lisboa

## Centre de Technologie & Systèmes

- Micro/Nanoelectronics
- Microelectronics Materials and Processes
- Telecommunications & Signal Processing
- Reconfigurable and Embedded Systems
- Energy Efficiency
- Intelligent Control and Decision Support Systems
- **Robotics & Industrial Complex Systems**
- Collaborative Networks and CoDIS
- Interoperability of Systems
- Computational Intelligence



# Récents projets (FP7) du RICS





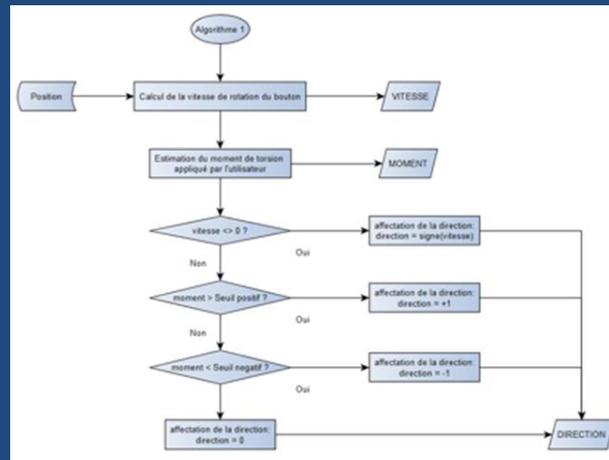
# Universidad Tecnológica Indoamérica

## Laboratoire de Mécatronique & Systèmes Interactifs



# Domaines de recherche du MIST

- Systèmes mécaniques polyarticulés
- Electronique embarquée et mobile
- Programmation et systèmes communicants
- Processus industriels
- Interaction homme-machine



# Axes d'application du MIST

Education



Santé



Mécatronique &  
Systèmes Interactifs



Industrie



Transport

# Recherche en technologie de la santé

- Systèmes d'assistance et réhabilitation pour personnes handicapées
- Systèmes de monitoring à distance et in situ
- Systèmes mécatroniques pour accélérer les processus de récupération des patients
- Systèmes d'assistance hospitalière



# Alliances ?

- Education :
  - Doctorats en cotutelle internationale
- Recherche :
  - Collaboration avec l'Amérique du Sud (ex : programme STIC-Amsud)
  - Projets transnationaux (ex : plan d'action 2015 de l'ANR)
  - H2020...

# PROJET COCHISE

# Consortium

- Service de Médecine Physique et Réadaptation du CHU Nord de Clermont-Ferrand
- Association Nationale d'Éducation de Chiens d'Assistance pour Personnes Handicapées (Handi'Chiens), Alençon
- Laboratoire en Sciences et Techniques de l'Information, de la Communication et de la Connaissance, Université de Bretagne Sud
- Laboratoire d'Informatique de Grenoble, Université Pierre Mendès-France
- Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Automatisés, Université d'Angers

# Objective

- To develop a “dog-robot hybrid system” to assist motor disabled people
- To take advantage of and complement both systems:
  - Using multitalented skills of dog (affective relationship, sensorial capabilities, motor skills...)
  - Using an embedded device (i) to decode/transmit the dog states and (ii) to increase the control on the animal

# Why an hybrid approach?

- Service dogs:
  - (+) Demonstrated support in ≠ situations (rescue, smell detection, handicap assistance...)
  - (+) High adaptability and flexibility
  - (-) Limited control



# Why an hybrid approach?

- Companion/assistance robots:
  - (+) High control and reliability
  - (+) Some applications for therapeutic and educative purposes (PARO, AIBO...)
  - (-) Low versatility



# Animal-machine interaction

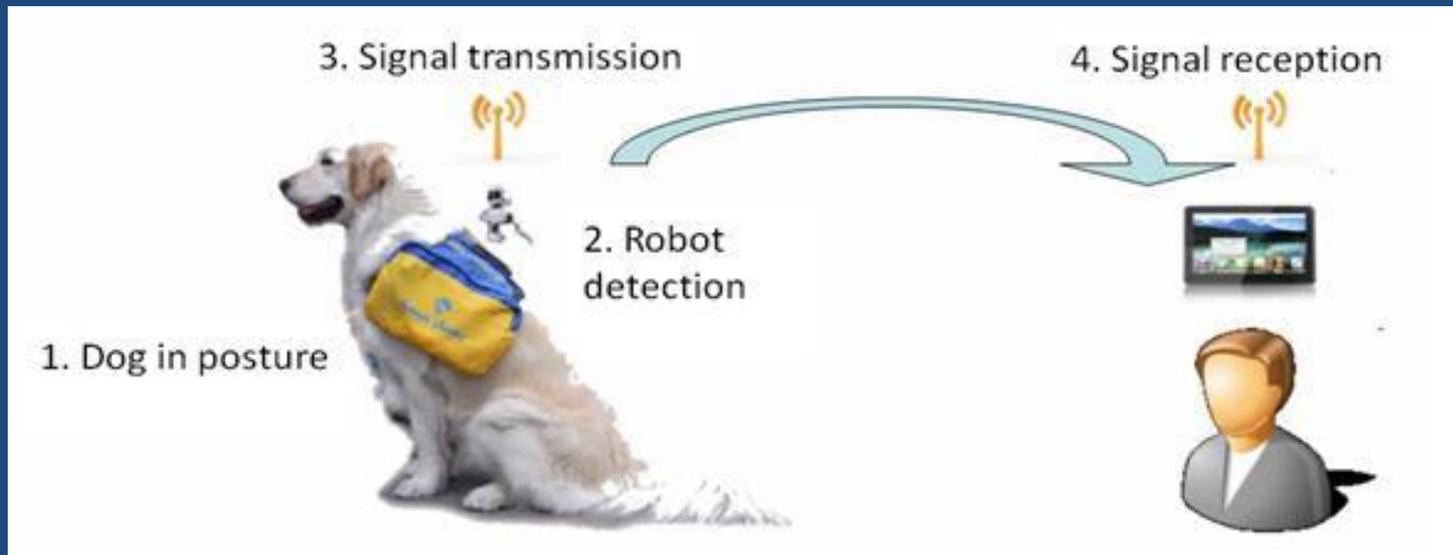
- Behavioural influence:
  - Cockroach-robot (Halloy et al., 2007)
  - Mother-robot (Margerie, 2011)
- Remote control:
  - Rat's brain stimulation (Talwar et al., 2002)
  - Demining mongoose (Nanayakkara, 2008)
- Dogs:
  - Robot as a social partner (Kubinyi et al., 2004)
  - Ball game between robot and dog (IAHAIO, 2010)



# Challenges

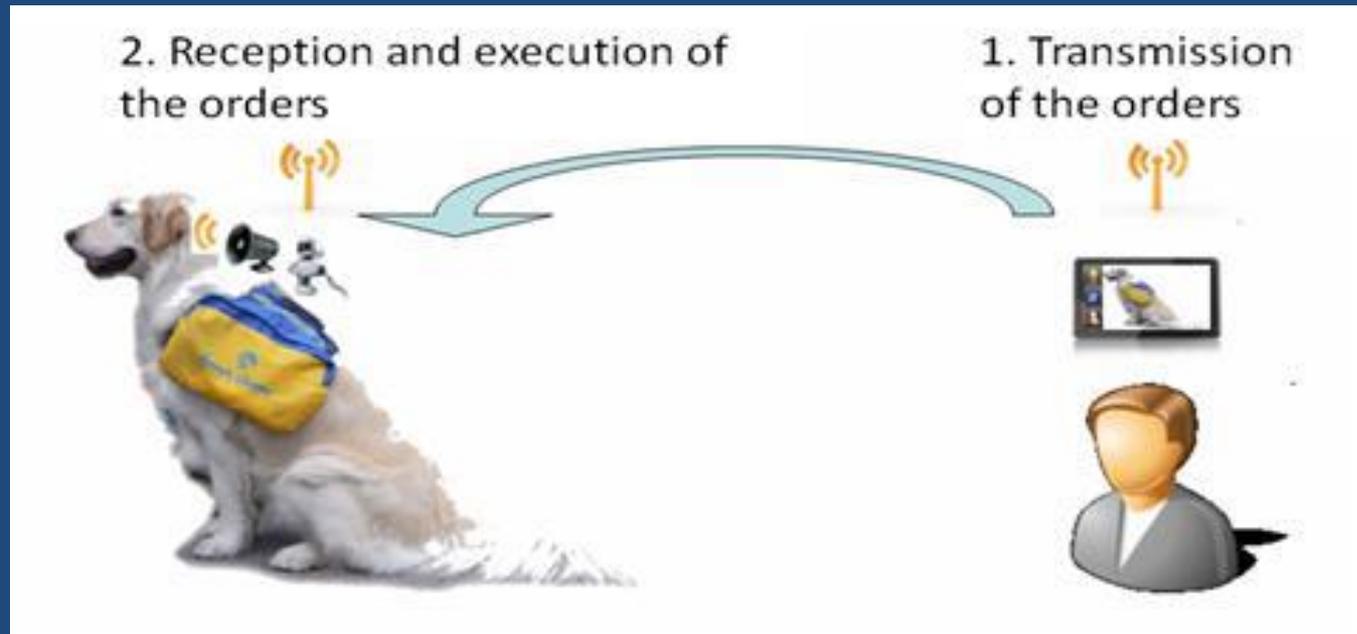
- Device role:
  - To provide an **alarm signal** to the human being (the master and/or a third party) if the dog faces a determined problem
  - To preserve dog **obedience** in an autonomous way or by a remote control from the human user
- Methodology:
  - By setting up an ethogram of the dog's characteristic behaviors (barking, lying down...)
  - The right technical solution for each behavior

# The alarm signal



Alarm implementation		
Types of signal	Types of technology	Data processing & interpretation
Dog barking Posture : sit, lie ...	Microphone, Accelerometer, Gyroscope, Contacts, Pressure sensors	Form recognition, Signal processing, Multi-sensor fusion
Environment	GPS, Camera, IR barrier	Cartography
Interface	Computer, Cell phone, Tablet, Specialized peripherals...	Customized multimodal restitution

# The obedience control



Obedience implementation		
Types of signal for the dog	Types of technology	Functionalities
Hearing	Loudspeakers	Display of remote or prerecorded voices, ultra-sounds
Smell	Servoalves	Control of duration and/or intensity
Touch	Vibrators, Actuators (compression, light nociceptive stimulation, caress), Resistance (heat)	Control of force, velocity and intensity
Taste	Relays, Motors	Kibbles delivering
Sight	Laser pointer, Pico projectors	Visual steering control

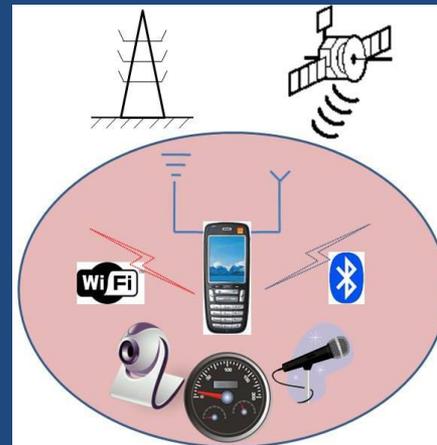
Phase 1

# IMPLÉMENTATION & TESTS SUR CHIENS ORDINAIRES

# 1<sup>er</sup> prototype - alarme

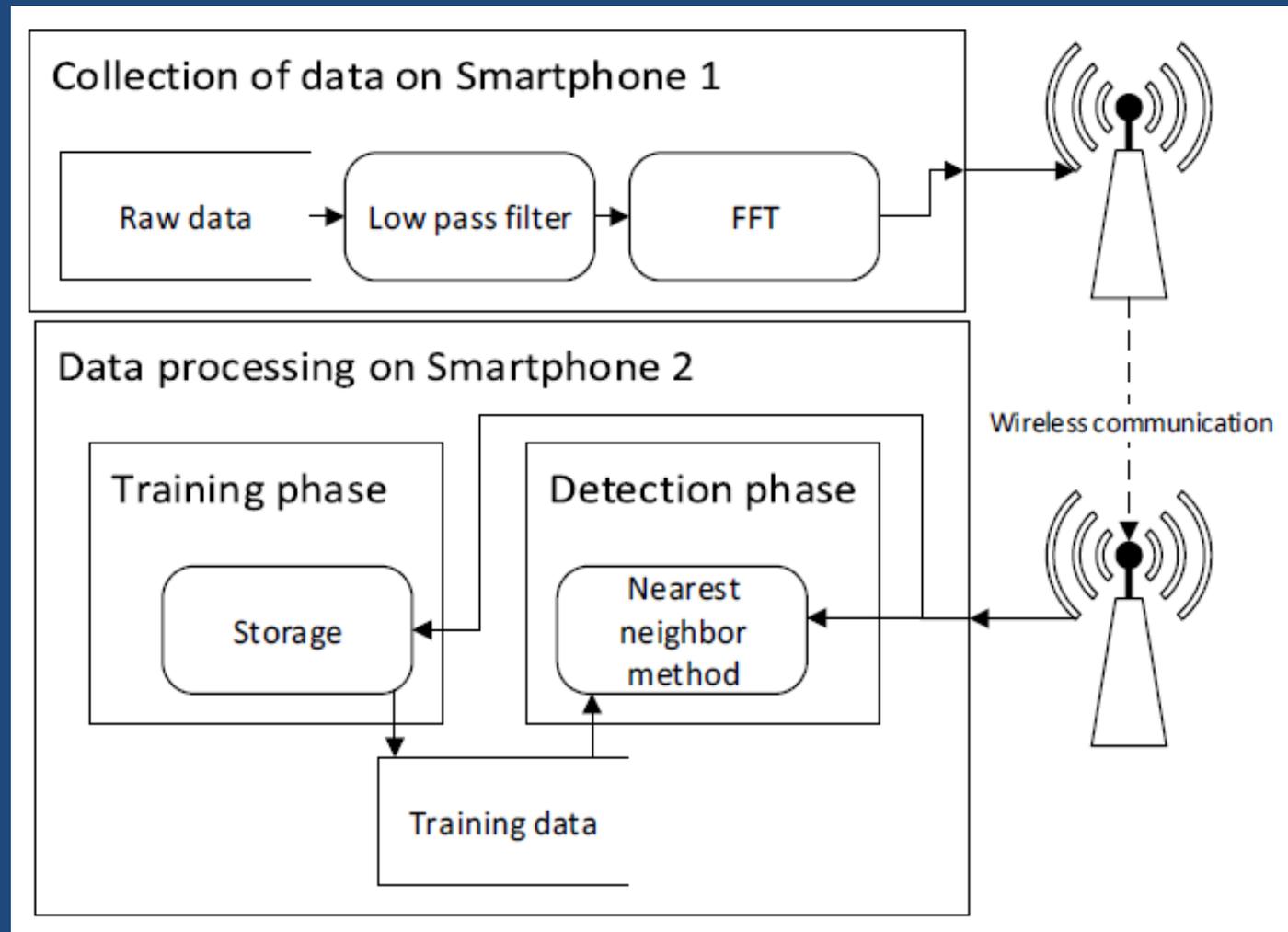


smartphone 1

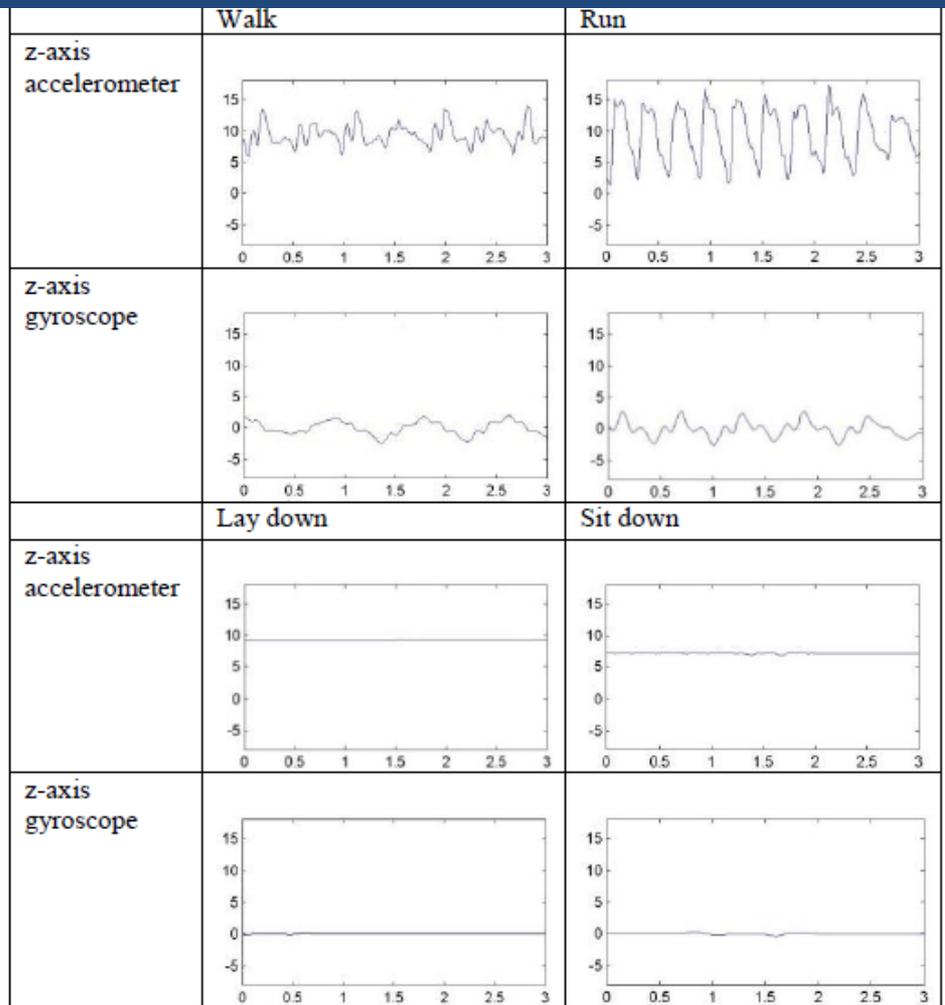


smartphone 2

# Detection of dog's activity



# Results



	Dog 1	Dog 2
Mean max frequency accelerometer	2.8035	2.8754
Mean max amplitude accelerometer	0.4983	0.6654
Mean max frequency gyroscope	1.5109	2.4624
Mean max amplitude gyroscope	0.2585	0.2611

*(Lemasson et al., 2013)*

# Results (2)

Activity	Correct	Incorrect	
Walk	55	5	91%
Race	50	10	83%
Sitting position	52	8	86%
Lying position	45	15	75%

**Overall percentage of detection = 83%**

# 2<sup>ème</sup> prototype - ordre



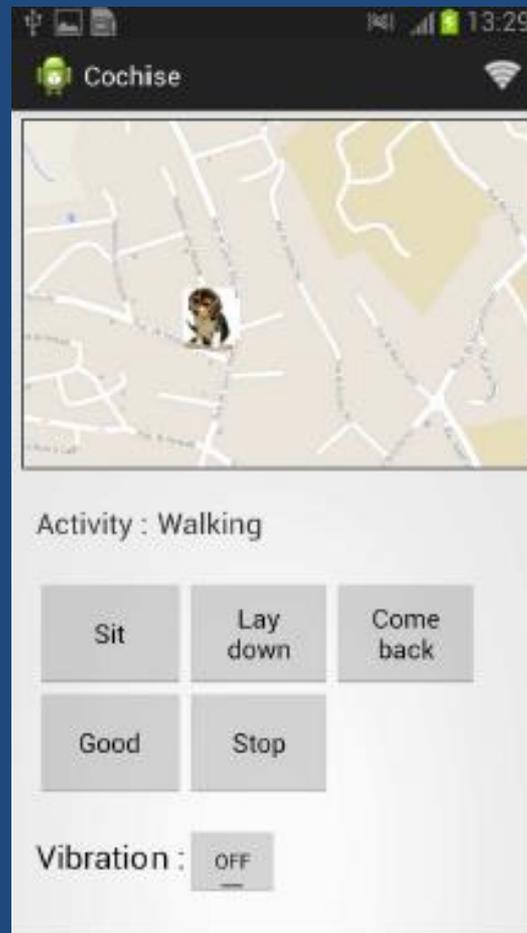
# Results

- Nécessité de répéter 2 fois pour que le chien s'assoit
- Plusieurs répétitions (2 ou 3) sont également nécessaire pour les autres ordres
- Le chien est de moins en moins surpris au long des sessions d'entraînement

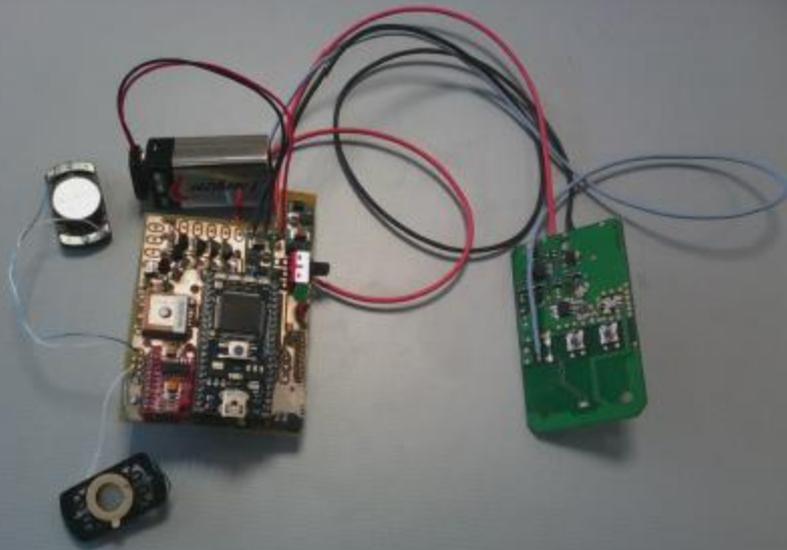


*(Lemasson et al., 2013)*

# Interface utilisateur avec localisation GPS

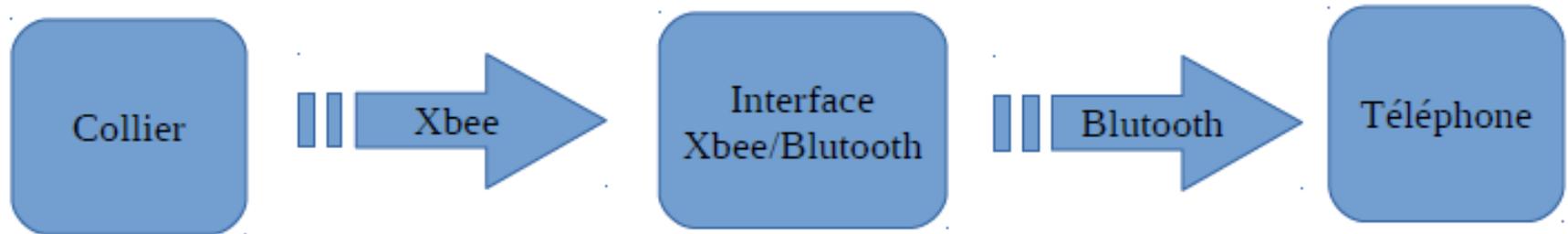


# Version du prototype intégré sur le collier du chien



- Un processeur
- Un émetteur/récepteur HF
- Un lecteur de carte SD pour lecture/écriture de données
- Une centrale inertielle (IMU)
- Un connecteur pour une série de vibreurs
- Un générateur audio
- Un GPS
- Un système de vaporisation (stimuli négatif)

# Architecture globale du système



Phase 2

# TESTS SUR CHIENS D'ASSISTANCE

# Gestion des chiens chez Handi'Chiens

	Adoption	Centre Handi'Chiens	Remise
Âge des chiens	2 mois à 18 mois	18 mois à 24 mois <i>Soit un cycle de perfectionnement de 6 mois</i>	24 voire 30 mois ( <i>avec les possibles redoublements et réformes</i> )
Propriétaire	Famille d'accueil - étudiants vétérinaires - famille	Educateur canin ( <i>1 référent par chien</i> )	Bénéficiaires - Chiens d'éveil : autiste, trisomique ou polyhandicapé <i>Fonctionne en véritable trinôme entre le chien, la personne bénéficiaire et les parents</i> - Chiens d'accompagnement des personnes atteintes d'un handicap moteur (sclérose en plaque, myopathie, etc.) - Chiens d'accompagnement social : i.e. les structures sociales (maisons de retraite, hôpitaux gériatriques) <i>En fait l'animal est remis à une personne référente de la structure (kinésithérapeute, ergothérapeute, etc.)</i>
Rôle du propriétaire	- familiariser les chiens à la vie de famille, à la société - familiariser les chiens avec les 1 <sup>ères</sup> commandes vocales (x 30) - éducation renforcée par des cours dispensés par les éducateurs du centre Handi'Chiens tous les 15 jours	- éducateurs canins affinent la formation en ajoutant de nouvelles commandes vocales (en totalité 52 commandes vocales) - <b>projet COCHISE</b>	-

# Sélection des chiens pour COCHISE

- Age : entre 2 et 2,5 ans
- Formation au centre  $\geq$  4 mois
- 6 chiens utilisés :

<b>Educateurs</b>	<b>Jérôme</b>			<b>Cynthia</b>		
<b>Nom</b>	<b>Image</b>	<b>Hayko</b>	<b>Héros</b>	<b>Islande</b>	<b>Inuit</b>	<b>Izar</b>
<b>Race*</b>	Labrador Retriever	Golden Retriever	Labrador Retriever	Golden Retriever	Labrador Retriever	Golden Retriever
<b>Morphologie**</b>	Lignée de travail	Lignée de beauté	Lignée de beauté	Lignée de travail	Lignée de travail	Lignée de travail
<b>Sexe</b>	Femelle	Mâle	Mâle	Femelle	Mâle	Mâle

# Commandes utilisées

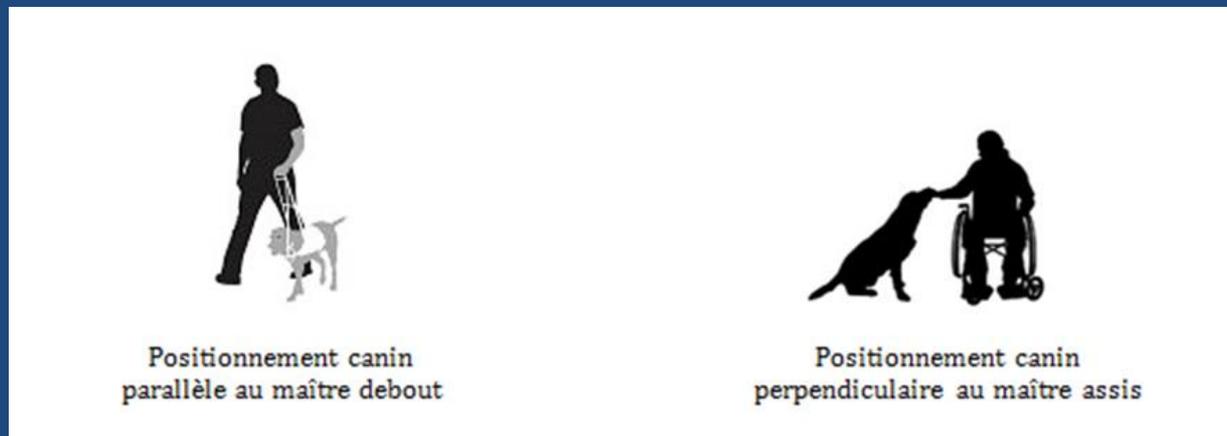
- Commandes vocales (52) :
  - « A ta place », « fini », « monte », « pousse », « apporte », « donne », « câlin »...
- Commandes préenregistrées :
  - Nom du chien + ordre (« viens », « assis », « couché », « debout », « aboie »)
  - Récompense orale (« c'est bien »)
  - Interdiction (nom du chien + « non ! »)

# Formation traditionnelle des chiens

- 20 min / jour en plusieurs séances
- Sont soumis à de nombreuses commandes vocales
- Progression de l'apprentissage :
  - D'abord debout :
    - Dans la salle de travail du centre :
      - Appropriation de l'espace de travail
      - Avec des accessoires (éducateur + déambulateur ou béquilles)
    - En conditions réelles (gare, supermarché...)

# Formation traditionnelle des chiens (2)

- Puis assis (éducateur + fauteuil roulant) :
  - => modification inconsciente du positionnement du chien / maître



- => altération des référentiels de l'animal qui perturbe la reconnaissance de l'exercice

# Formation traditionnelle des chiens (3)

- Enfin en conditions mixtes :
  - Durant les derniers mois de formation
  - Formation au cas par cas (selon les nécessités du bénéficiaire)
  - Rotation entre les éducateurs
  - Educateurs en position debout ou assise
  - Exercices en salle de travail ou dans les lieux publics

# Formation des chiens avec le collier actif

- 1) Port passif du collier :
  - L'animal accepte le collier en qql minutes
- 2) Commande vocale, collier non porté :
  - Son émis par le collier dans la main de l'éducateur
- 3) Commande vocale, collier porté + voix éducateur :
  - Ex : « Viens » collier synchrone au « Viens » éducateur

# Formation des chiens avec le collier actif (2)

- 4) Commande vocale, collier porté (seulement) :
  - Temps d'apprentissage de l'ordre par l'animal  $\approx$  1 séance de 10 min
  - 3 réactions possibles :
    - acceptation immédiate
    - excitation
    - « effet scoubidou » (Hayko)



# Expérimentation

- Variables :
  - Distance (proche vs. loin)
  - Vecteur (collier porté ou non, voix éducateur)
  - Commandes (5)
  - Essais (3)
- Cotation :
  - Essai non réalisé = -
  - Non réactif ou réactivité inadaptée = 0
  - +/- de réactivité adaptée = 1
  - Réactivité adaptée = 2
  - Réactivité adaptée et stable dans le temps = 3

# Résultats - évaluation 1 (06/03/15)

IMAGE	Distance par rapport à l'éducateur	Commande vocale	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Commande donnée par le collier	A proximité	Viens	3	3	3
		Couché	3	3	3
		Aboie	3	3	3
		Viens	1	1	1
	A distance (environ 5 à 8 m)	Debout	0 (nécessite 3 fois l'ordre pour être exécuté)	-	-
Commande donnée par le collier + renforcée par la voix de l'éducateur	A distance (environ 5 à 8 m)	Viens	3	3	3

# Résultats - évaluation 1 (06/03/15)

HAYKO	Distance par rapport à l'éducateur	Commande vocale	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Commande donnée par le collier	A proximité mais collier non porté	Assis	2	1 (nécessite 2 fois l'ordre pour être exécuté)	2
		Couché	2	1 (nécessite 2 fois l'ordre pour être exécuté)	-
		Debout	2	-	-
		Aboie	1 (nécessite 2 fois l'ordre pour être exécuté)	-	-
	A proximité avec le collier porté	Assis	0 (erreur : s'est couché)	2	-
		Couché	2 (mais a gémis en effectuant la commande)	2	2
		Debout	2	2	-

# Résultats - évaluation 1 (06/03/15)

ISLANDE	Distance par rapport à l'éducateur	Commande vocale	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Commande donnée par le collier		Viens	3	3	3
		Assis	2	-	-
	A distance (environ 5 à 8 m)	Couché	1 (nécessite 2 fois l'ordre pour être exécuté)	-	-
		Debout	2	-	-
		Aboie	2	-	-

INUIT	Distance par rapport à l'éducateur	Commande vocale	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Commande donnée par le collier	A proximité	Viens	2	-	-
		Assis	2	-	-
		Couché	2	-	-
		Debout	2	-	-
		Aboie	1 (nécessite 2 fois l'ordre pour être exécuté)	-	-
	A distance (environ 5 à 8 m)	Viens	2	2	-

# Résultats - évaluation 1 (06/03/15)

IZAR	Distance par rapport à l'éducateur	Commande vocale	Essai 1	Essai 2	Essai 3
		Viens	3	3	3
		Assis	2	0 (erreur : s'est couché)	0 (erreur : s'est couché)
Commande donnée par le collier	A proximité	Couché	2	-	-
		Debout	2	-	-
		Aboie	1 (nécessite 2 fois l'ordre pour être exécuté)	-	-
Commande vocale donnée par l'éducateur	A proximité	Assis	3	3	3

# Résultats - évaluation 2 (13/03/15)

- Peu de données récoltées car dernier mois de préparation avant la remise des chiens
- Essais sur INUIT par un éducateur ≠ (test d'adaptation à d'autres voix) montrent une nette amélioration :

<b>INUIT</b>	Distance par rapport à l'éducateur	Commande vocale	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Commande donnée par le collier	A distance (environ 5 à 8 m)	Viens	3	3	3

# Résultats - tableau récapitulatif

<b>AVEC COLLIER PORTÉ</b>	Ordres exécutés	Ordres non/mal exécutés	<b>%</b>
Proche	25	5	<b>83%</b>
Distant	9	5	<b>64%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>	<b>10</b>	<b>77%</b>

*(Chaffraix et al., 2015)*

# Exemples en vidéos



En salle de travail



En espace ouvert



« Fini »

# Remarques

- Vibration des HP => non-acceptation immédiate par certains chiens
- Educateurs frustrés du manque de commandes préenregistrées :
  - « Dès que la phase d'acceptation des commandes sonores issues du collier est acquise, les chiens réalisent rapidement tous les ordres proposés. Le nombre restreint de commandes vocales disponibles à ce jour est une frustration tant pour le chien que pour l'éducateur. »
- Corriger certaines commandes :
  - Ex : le « viens » manque d'intonation

En parallèle au projet COCHISE

# **MONITORAGE DE L'ÉTAT DE L'ANIMAL**

# ➤ Dog's monitoring is important for

## ➤ Detecting physical, physiological and psychological problems:

- Weak immune system
- Digestive problems
- Cardiovascular problems
- Weak task performance
- Complete activity interruption

## ➤ Improving the control on the animal

## ➤ Existing systems/methodologies

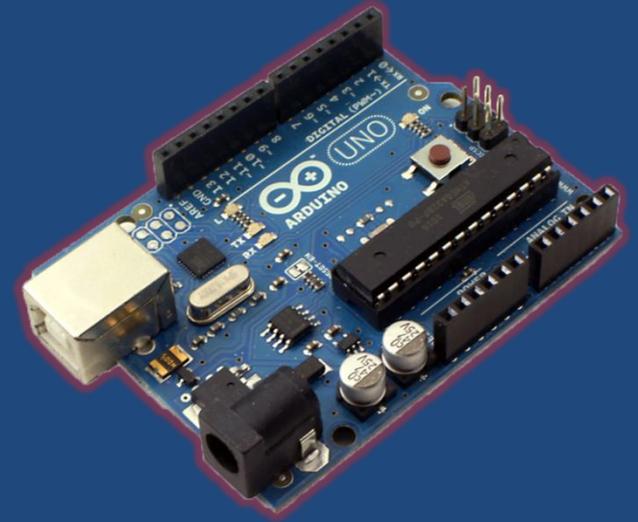
- Basic activity monitoring
- Invasive methods
- Short duration analysis
- Post-processing
- Observational methods

## ➤ **New system requirements**

- Low-cost
- Light & small
- Non-invasive
- Wireless
- Continuous monitoring
- Activity, physiological and behavioural monitoring
- Produce quantitative data
- Real-time analysis

## ➤ Data acquisition

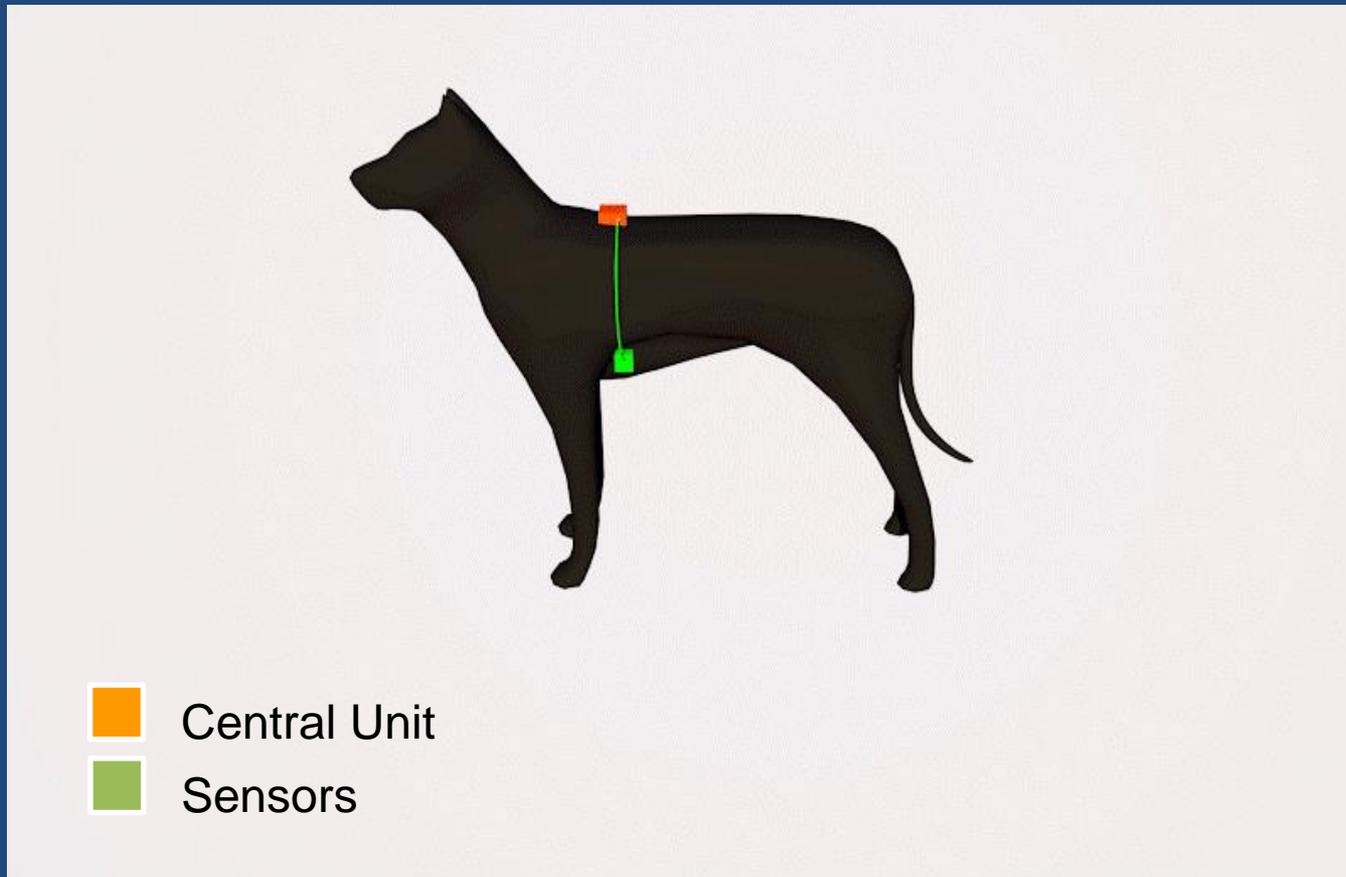
- **ARM based architecture** (ATMega328):
  - Low cost
  - Extensive documentation
  - Miniaturization
- **Gyro + accelerometer** (MPU6050):
  - Low power consumption
  - Low cost
  - Self-calibration
  - I2C communication (up to 400kHz)
- **Bluetooth module** (JY-MCU):
  - Low cost
  - Good range/consumption



# ➤ Data processing & telecommunication

- **Mobile device/ PC:**
  - Widely available
  - Processing power
  - Storage
  - Connectivity
- **Bluetooth:**
  - Raw data (more information available)
  - JSON (easy and efficient serialization/deserialization)

# ➤ Sensor placement



## ➤ **Signal processing**

- Noise reduction  
(filtering)
- CMRR
- Spectral analysis  
(FFT)

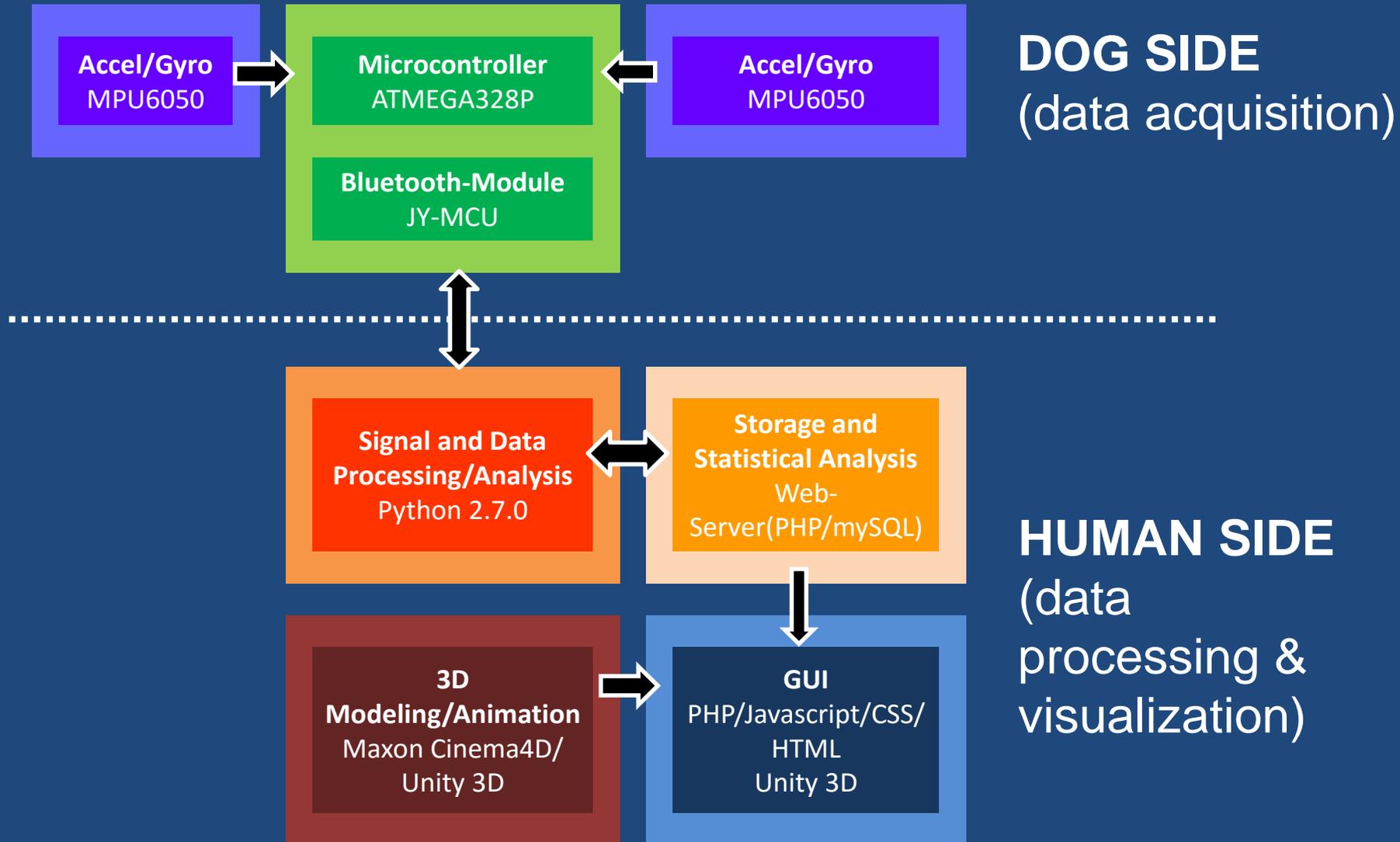
## ➤ **Storage & statistical analysis**

- Locally (user's computer)
- Web-server:
  - mySQL database
- PHP/Javascript

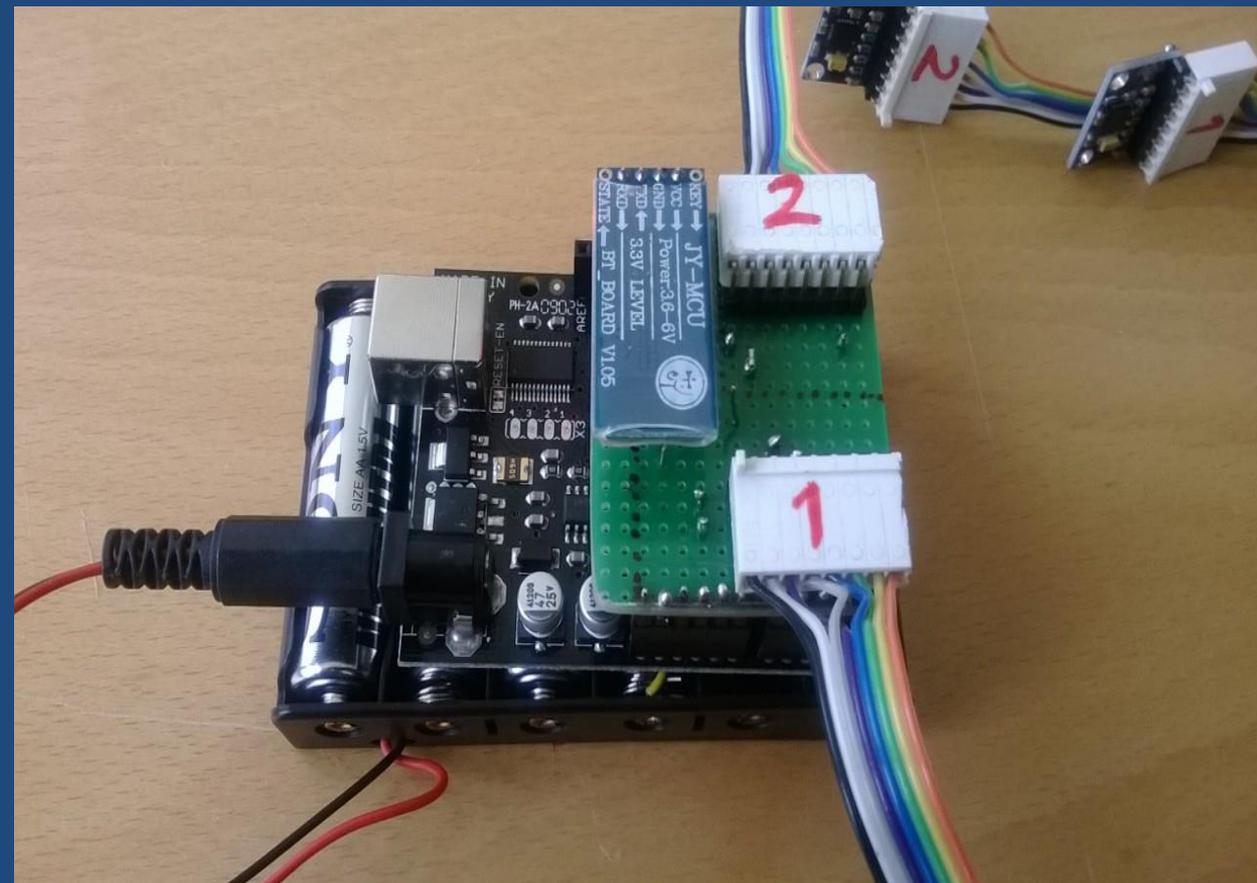
## ➤ **GUI (PC)**

- Web-based
- Live data
- Live 3D activity/behaviour representation
- Periodical statistics

## ➤ Overview (PC implementation)

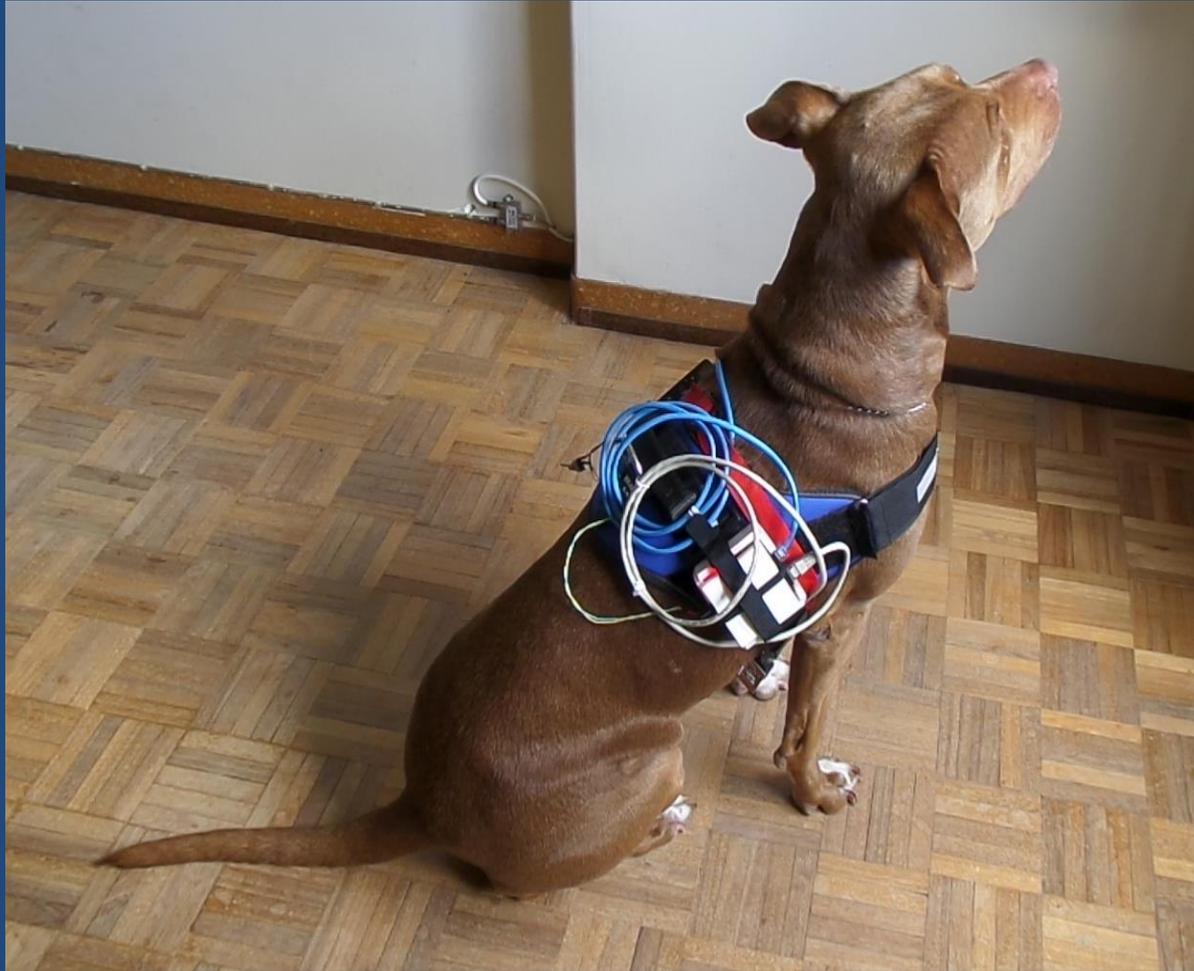


# ➤ Hardware (v1)

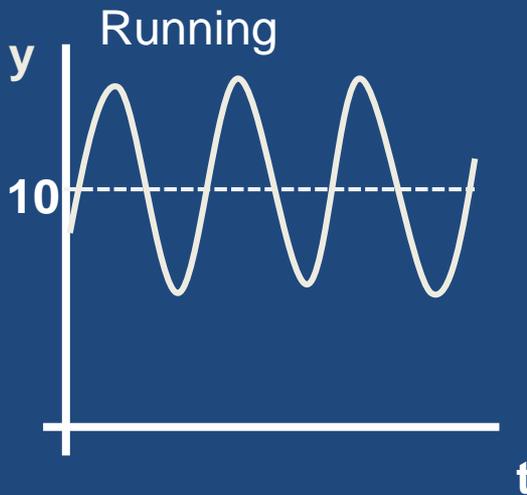
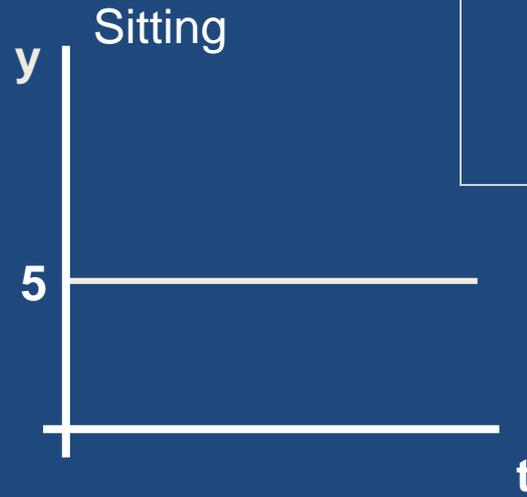
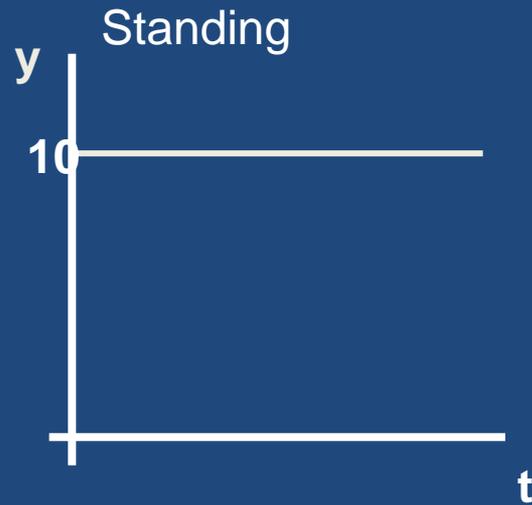
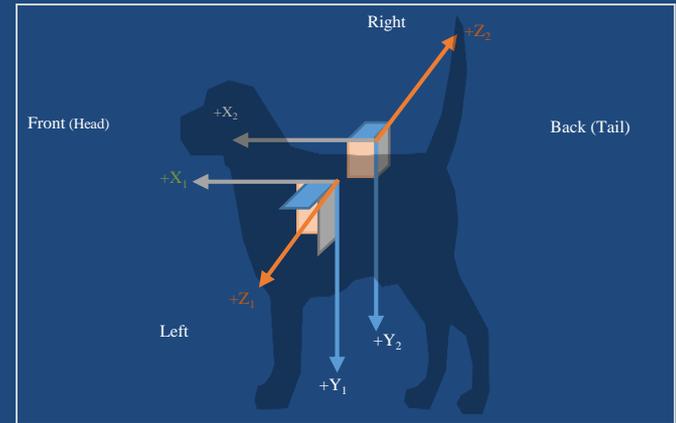




# ➤ On Shiva

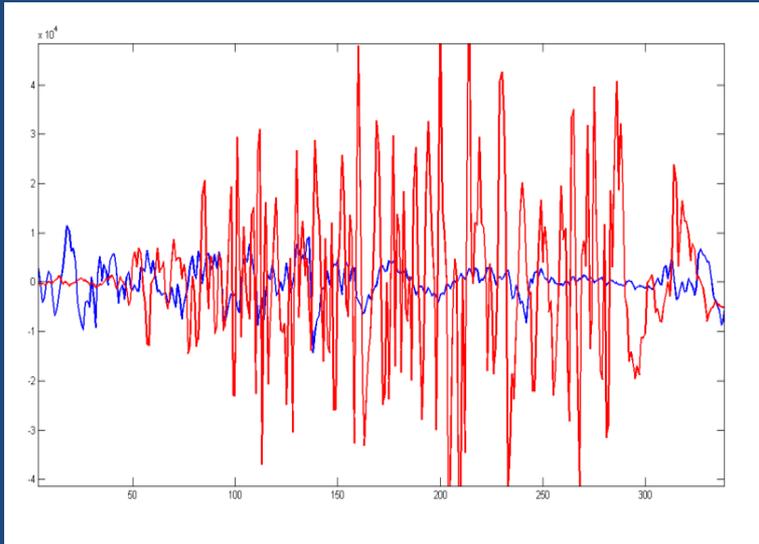


# ➤ Activity detection

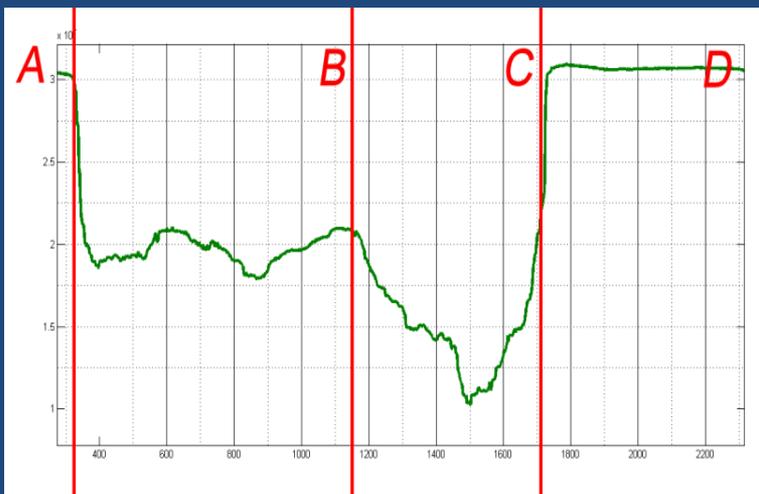


# ➤ Activity detection

100% accuracy  
within rolling  
window time

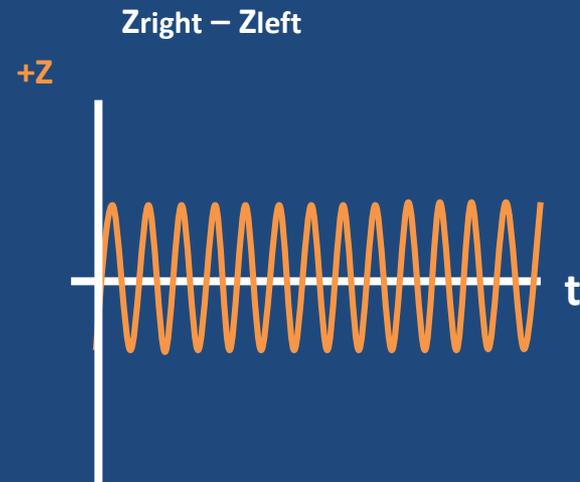
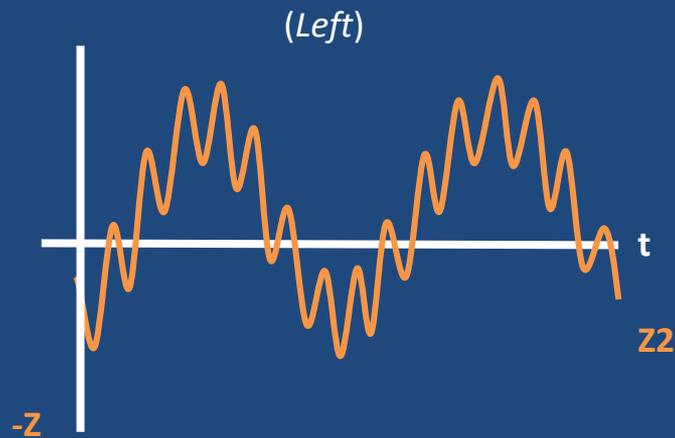
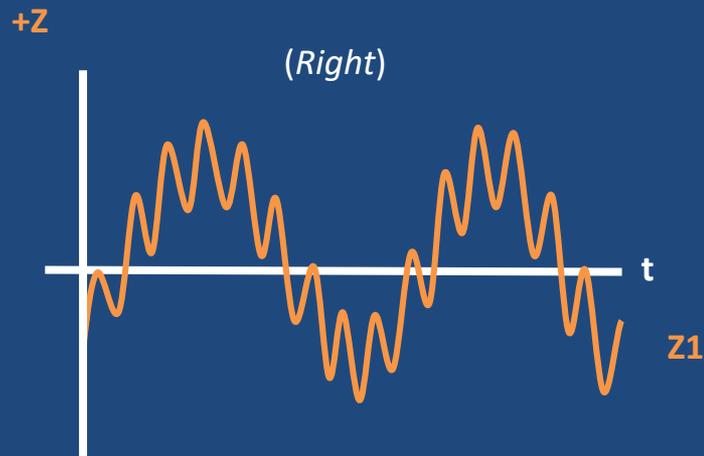
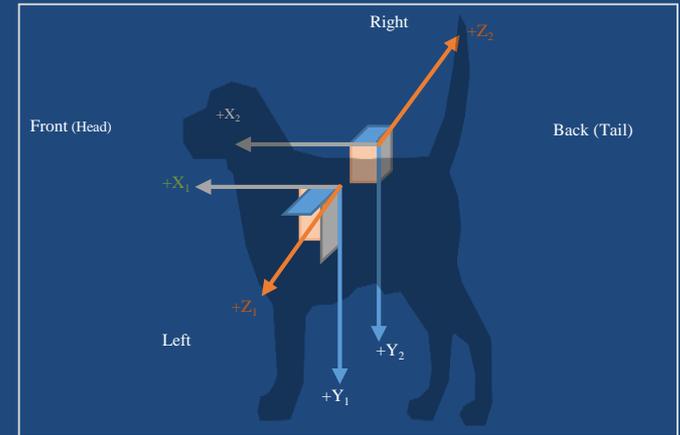


walking vs. running



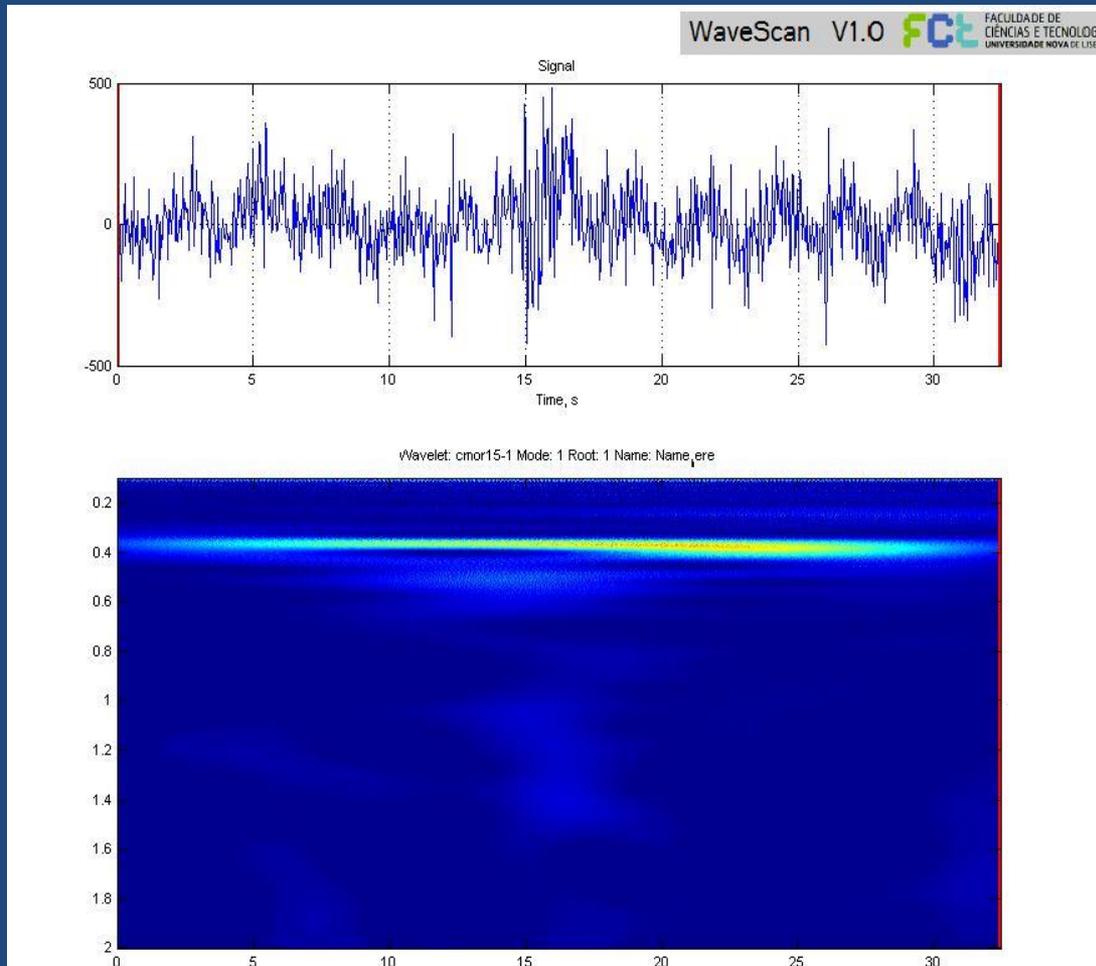
standing vs. sitting

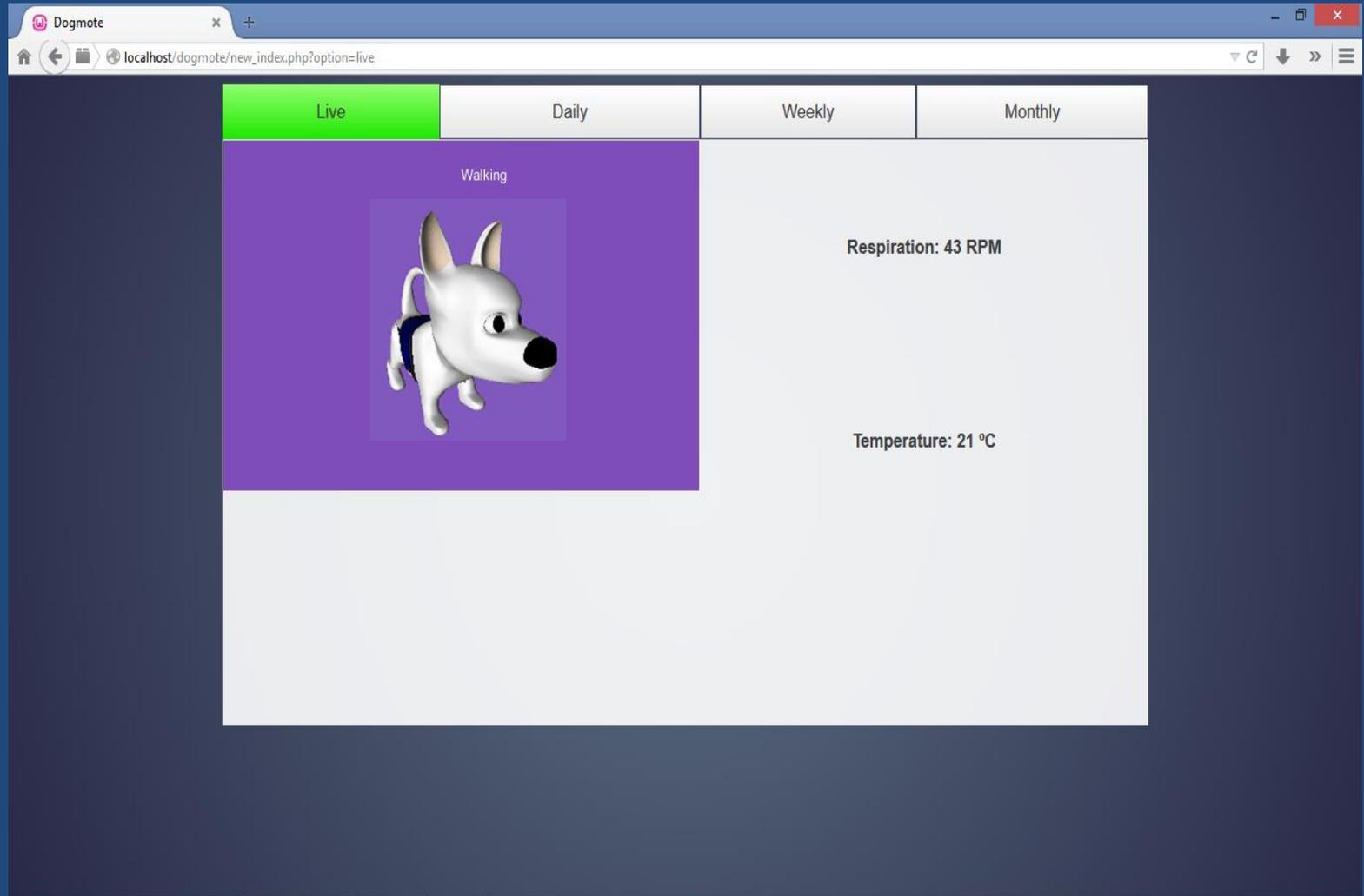
# ➤ Breathing rate detection



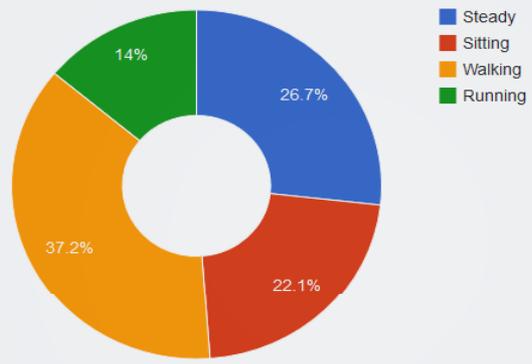
# ➤ Breathing rate detection

1. Filtering
2. FFT
3. Find max value

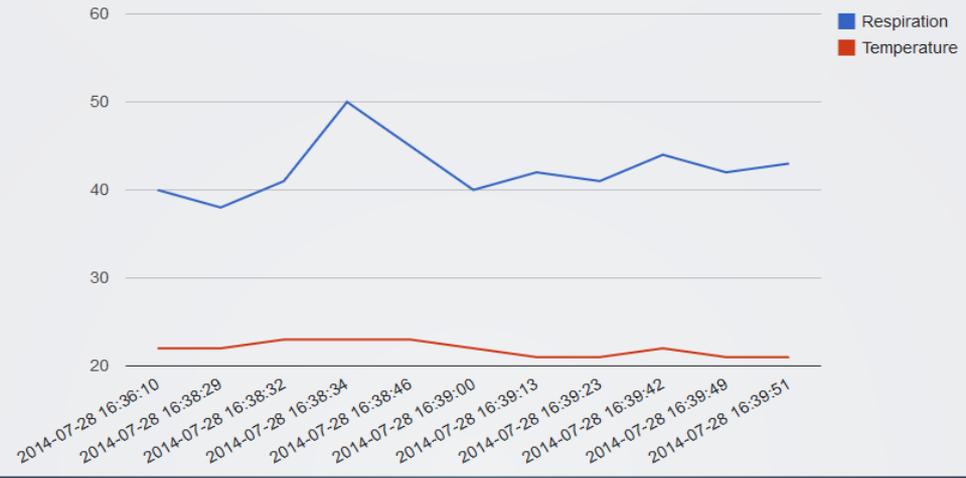




### Dog Activity (today)



### Respiration & Temperature Evolution



## ➤ Conclusion

- ✓ System Requirements:
  - Low-cost (< 30€)
  - Non-invasive
  - Wireless
  - Activity and physiological monitoring
  - Produce long-range data
  - Continuous and real-time analysis

## ➤ Future work

- Heart rate
- Alerts and recommendations
- Miniaturization and ergonomics
- Battery consumption optimization
- Mobile App
- Improving data classification (e.g., machine learning)

# General conclusions

- Promising results:
  - High detection rate
  - Possible dog's obedience
- Two potential benefices:
  - Alternative way for assisting (disabled) people
  - Increasing knowledge on the human-machine-animal interactions

# Perspectives

- Cochise is an ongoing project
- Setting up ≠ scenarios to find out the best technical solution for each situation:
  - with vs. without distractor elements
  - train on large distances & response consistency
- Improving the prototype hardware (dog side and user side) and software (signal processing...)
- Testing other sensors (GPS, camera...) and actuators (vibration, olfactory stimulations...)

« To prolong independent living, the step towards physical support is inevitable and needs to be taken. However, it will be a long time before a robot will be capable of supporting multiple activities in a physical manner in the home of an elderly person in order to enhance their independent living. » *(Bedaf et al., 2015)*

No.	Robot	Mobility related activities	Self-care related activities	Interpersonal interaction & relationships related activities	Other activities
1	Ifbot (Kato, Ohshiro, Itoh, & Kimurai, 2004)		n-phys	n-phys	n-phys
2	Mealtime Partner (Assistive Innovations)		phys manger		
3	My Spoon (Secom)		phys manger		
4	Paro (AIST)			n-phys	
5	Sanyo Bath Robot (Panasonic)		phys laver		
6	Winsford Feeder (North Coast Medical)		phys manger		