

Chien augmenté pour l'assistance aux personnes handicapées

Yves Rybarczyk

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





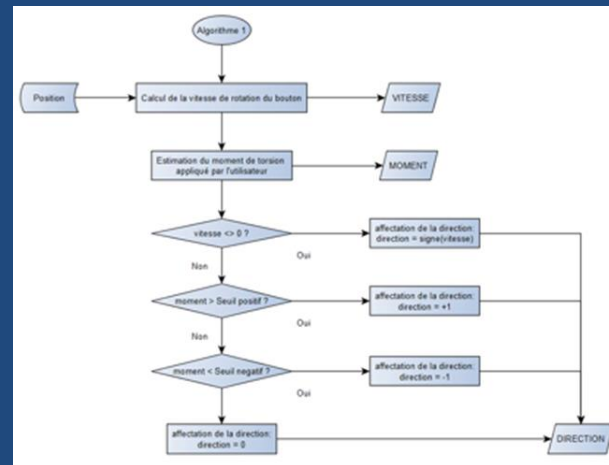
Universidad Tecnológica Indoamérica

Laboratoire de Mécatronique & Systèmes Interactifs



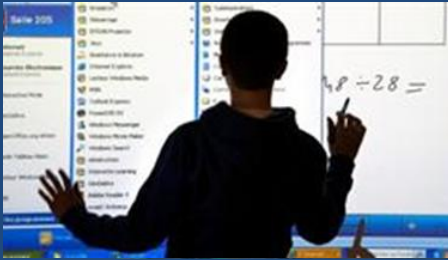
Domaines de recherche du MIST

- 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

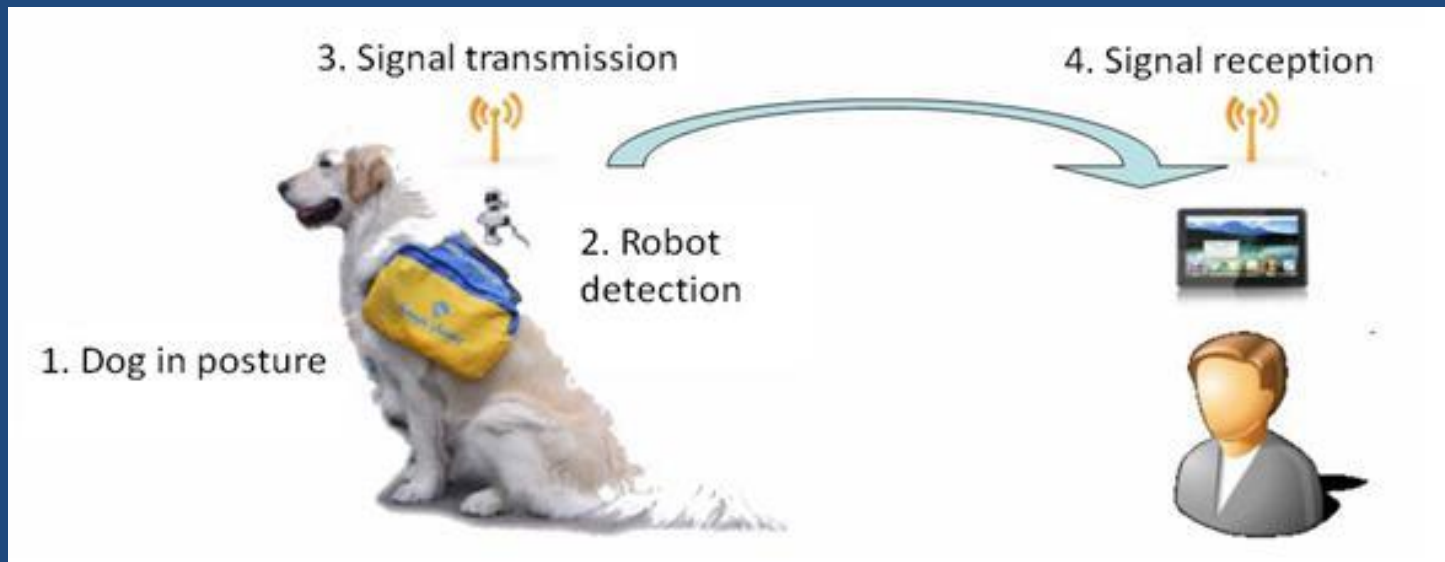
- Behavioural influence:
 - Cockroach-robot (Halloy et al., 2007)
 - Mother-robot (Margerie, 2011)
- Remote control:
 - Rat's brain stimulation (Talwar et al., 2002)
 - Demining mongoose (Nanayakkara, 2008)
- Dogs:
 - Robot as a social partner (Kubinyi et al., 2004)
 - Ball game between robot and dog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



Challenges

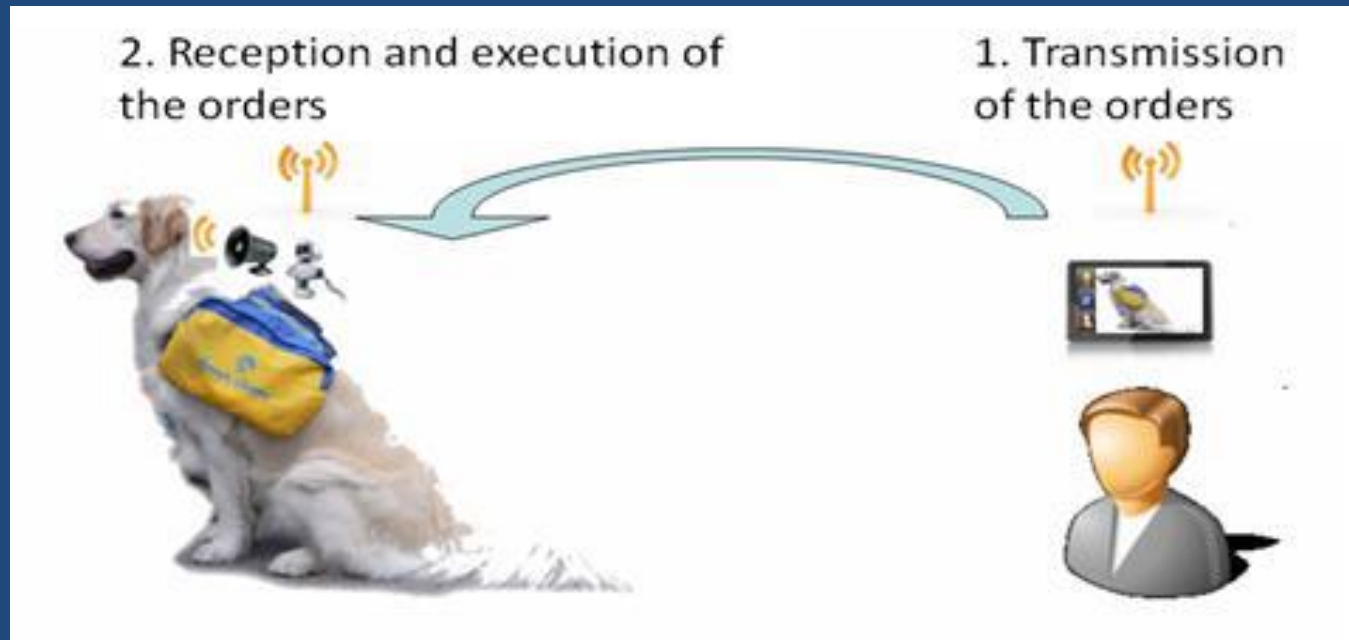
- Device role:
 - To provide an **alarm signal** to the human being (the master and/or a third party) if the dog faces a determined problem
 - To preserve dog **obedience** in an autonomous way or by a remote control from the human user
- Methodology:
 - By setting up an ethogram of the dog's characteristic 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 |

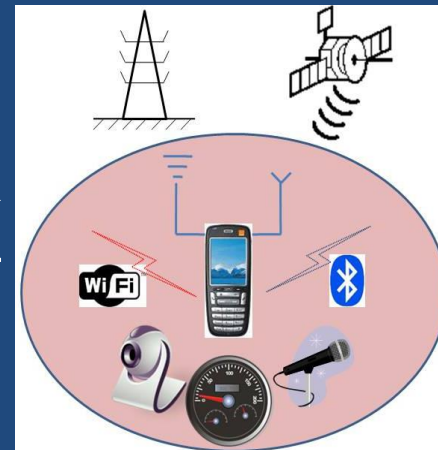
Phase 1

IMPLÉMENTATION & TESTS SUR CHIENS ORDINAIRES

1^{er} prototype - alarme

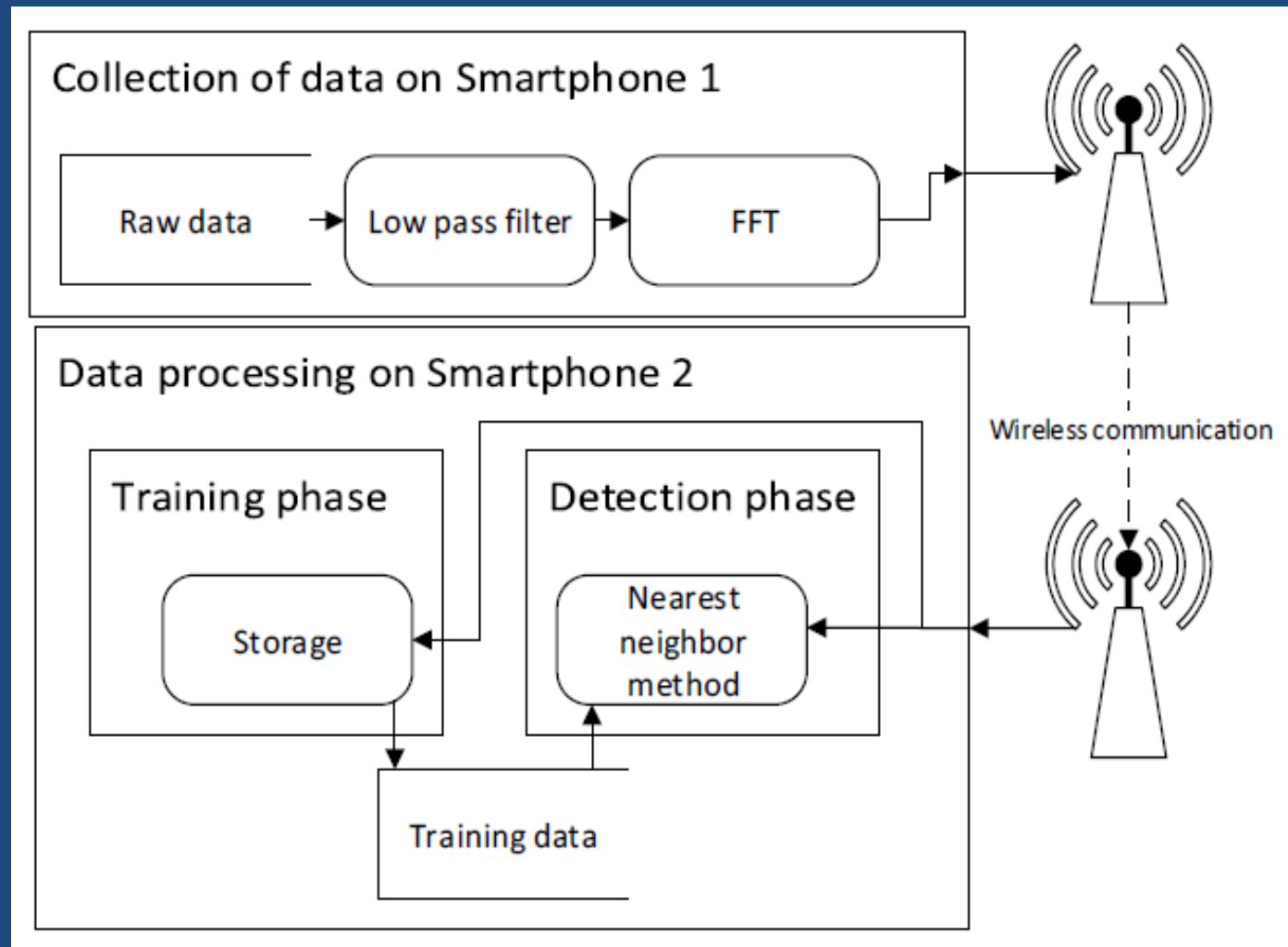


smartphone 1

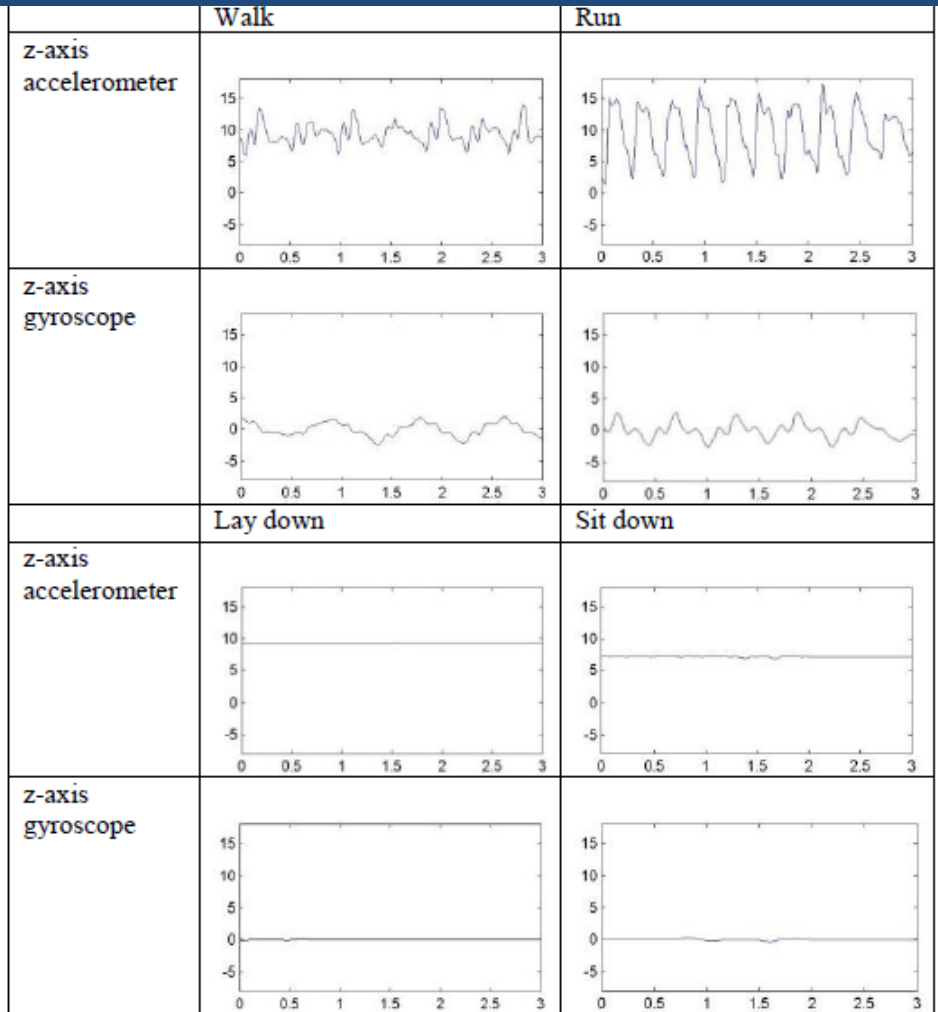


smartphone 2

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^{ème} prototype - ordre



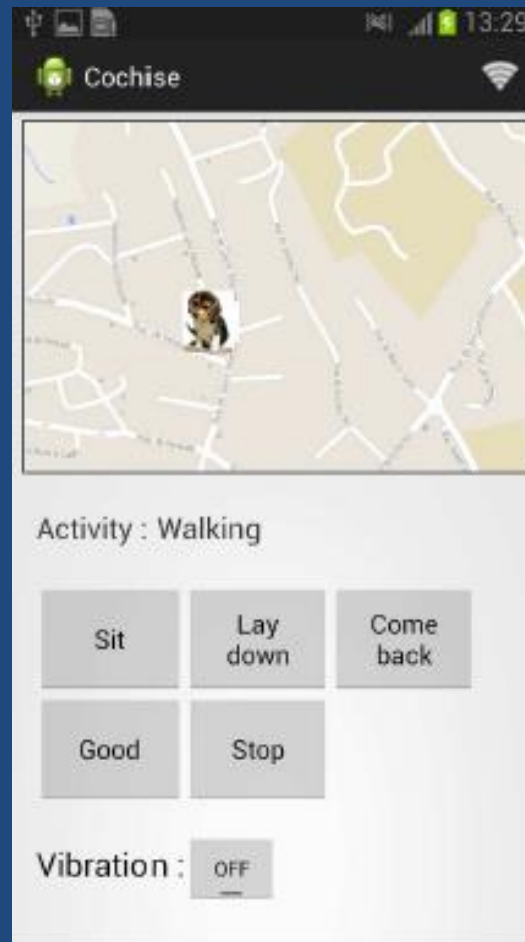
Results

- 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

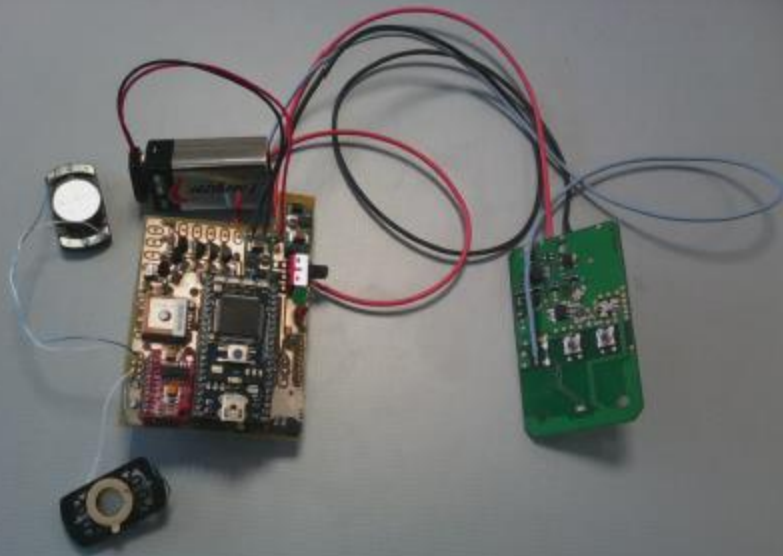


(Lemasson et al., 2013)

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 ^{ères} 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) - projet COCHISE | - |

Sélection des chiens pour COCHISE

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

| Educateurs | Jérôme | | | Cynthia | | |
|----------------------|--------------------|------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Nom | Image | Hayko | Héros | Islande | Inuit | Izar |
| Race* | Labrador Retriever | Golden Retriever | Labrador Retriever | Golden Retriever | Labrador Retriever | Golden Retriever |
| Morphologie** | Lignée de travail | Lignée de beauté | Lignée de beauté | Lignée de travail | Lignée de travail | Lignée de travail |
| Sexe | Femelle | Mâle | Mâle | Femelle | Mâle | Mâle |

Commandes utilisées

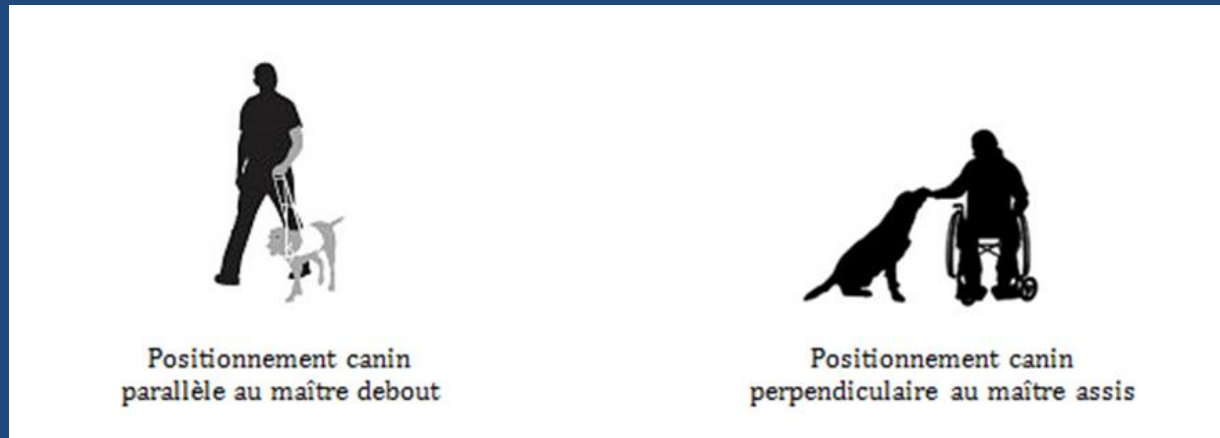
- Commandes vocales (52) :
 - « A ta place », « fini », « monte », « pousse », « apporte », « donne », « câlin »...
- Commandes préenregistrées :
 - Nom du chien + ordre (« viens », « assis », « couché », « debout », « aboie »)
 - Récompense orale (« c'est bien »)
 - Interdiction (nom du chien + « non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

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 :

| INUIT | 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

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

(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

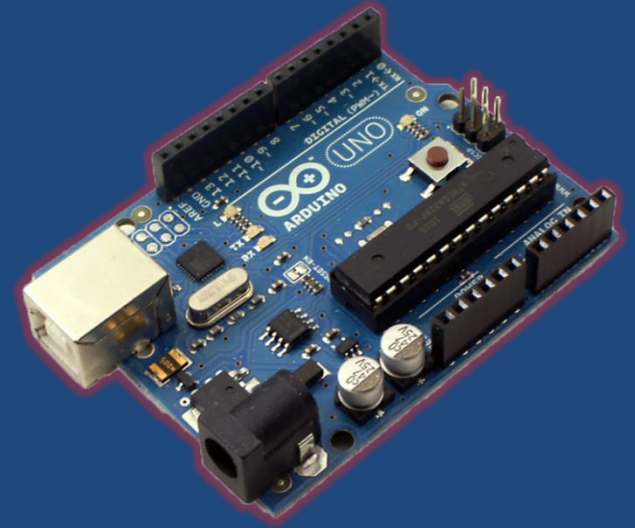
- Basic activity monitoring
- Invasive methods
- Short duration analysis
- Post-processing
- Observational methods

➤ 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

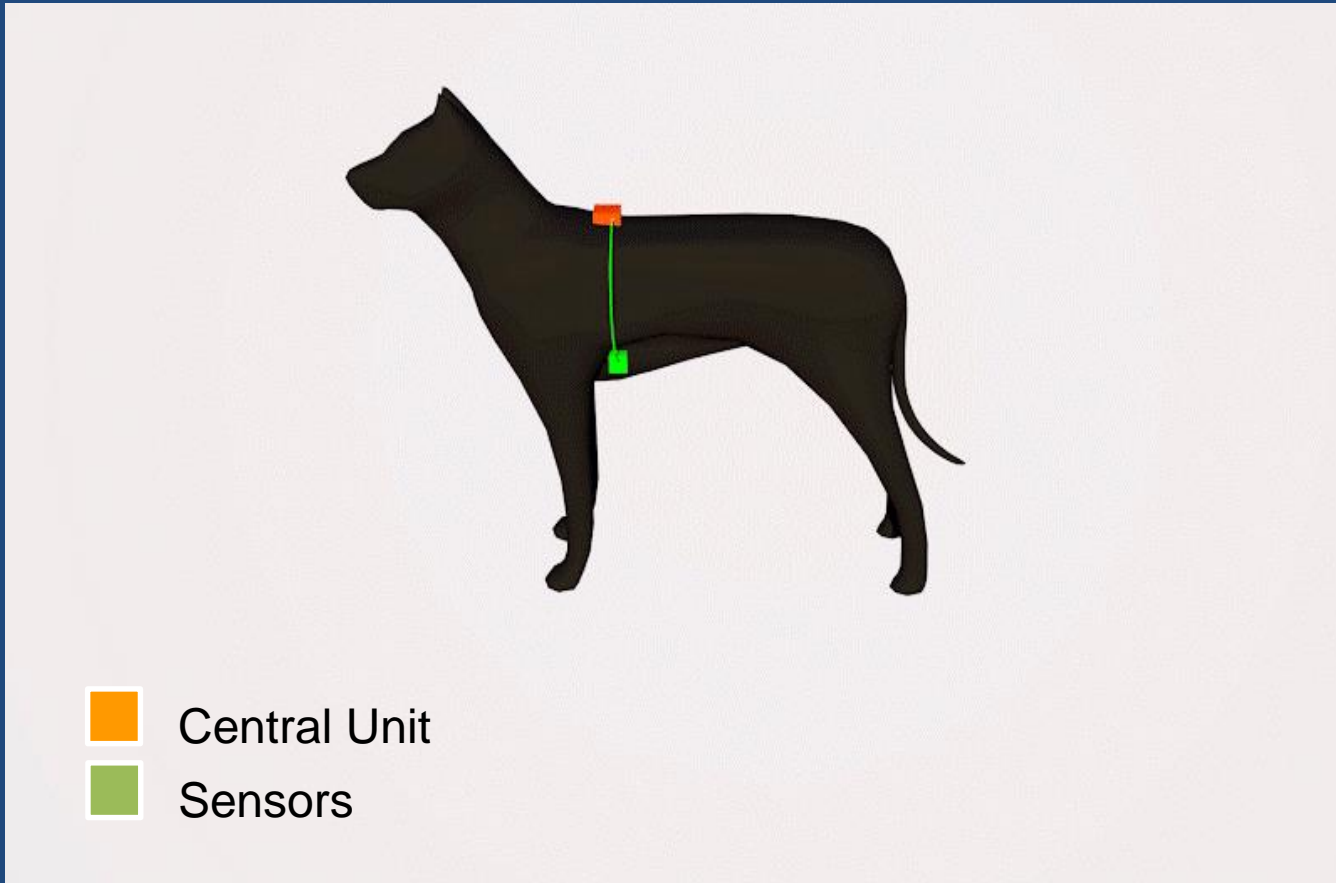
- **ARM based architecture** (ATMega328):
 - Low cost
 - Extensive documentation
 - Miniaturization
- **Gyro + accelerometer** (MPU6050):
 - Low power consumption
 - Low cost
 - Self-calibration
 - I2C communication (up to 400kHz)
- **Bluetooth module** (JY-MCU):
 - Low cost
 - Good range/consumption



➤ 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)

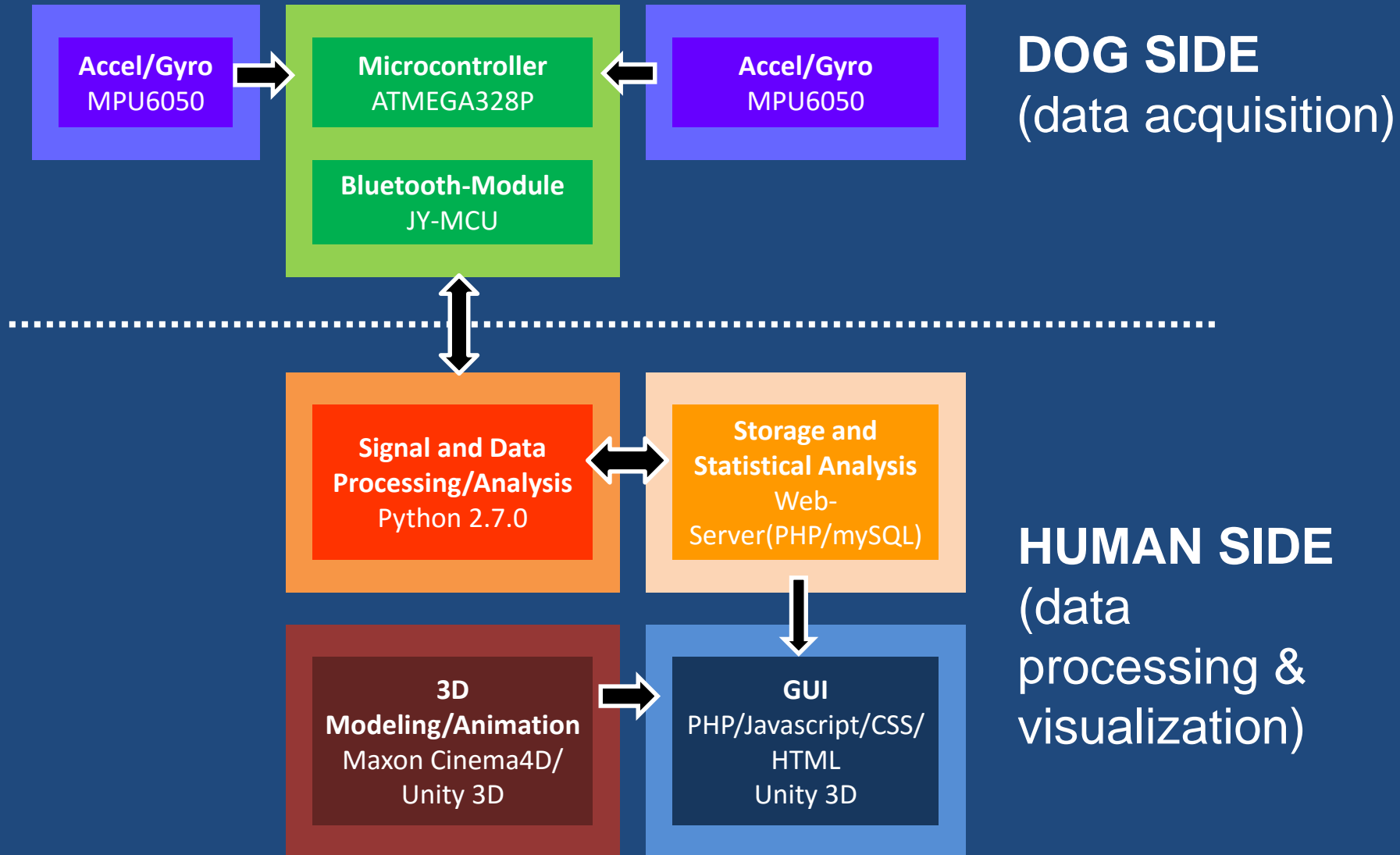
➤ **Storage & statistical analysis**

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

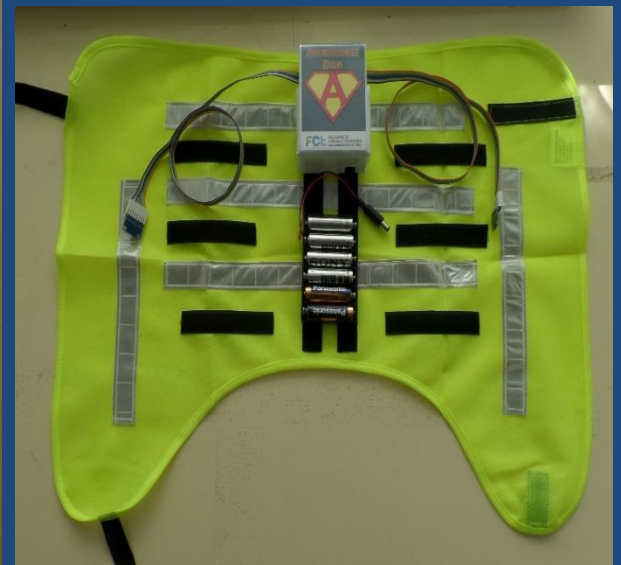
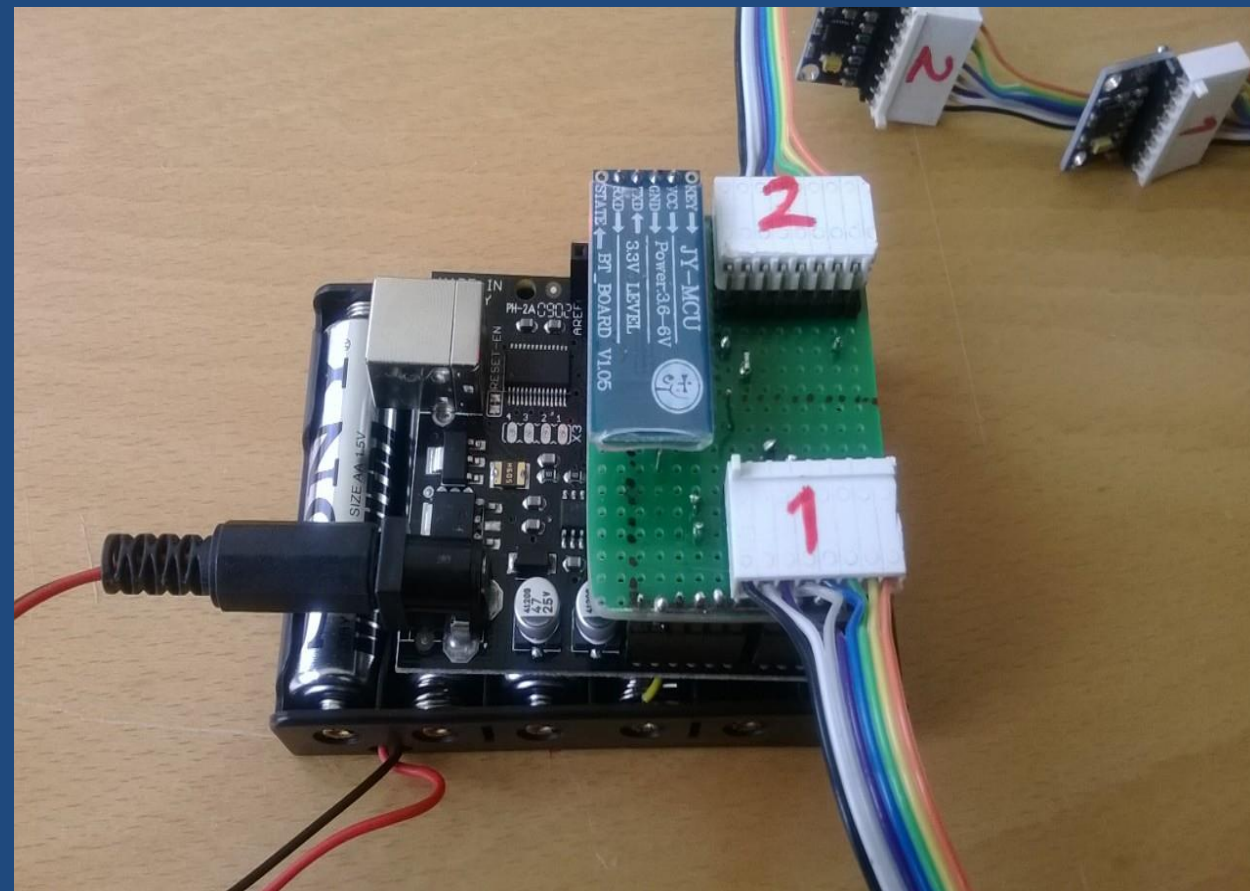
➤ **GUI (PC)**

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

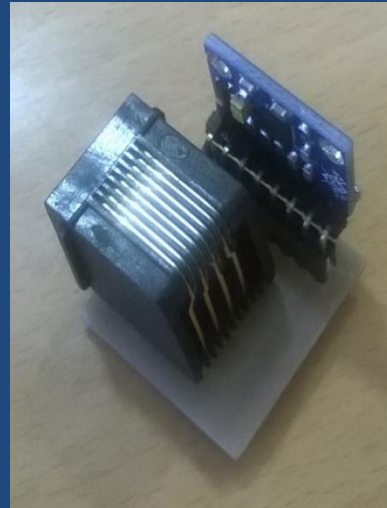
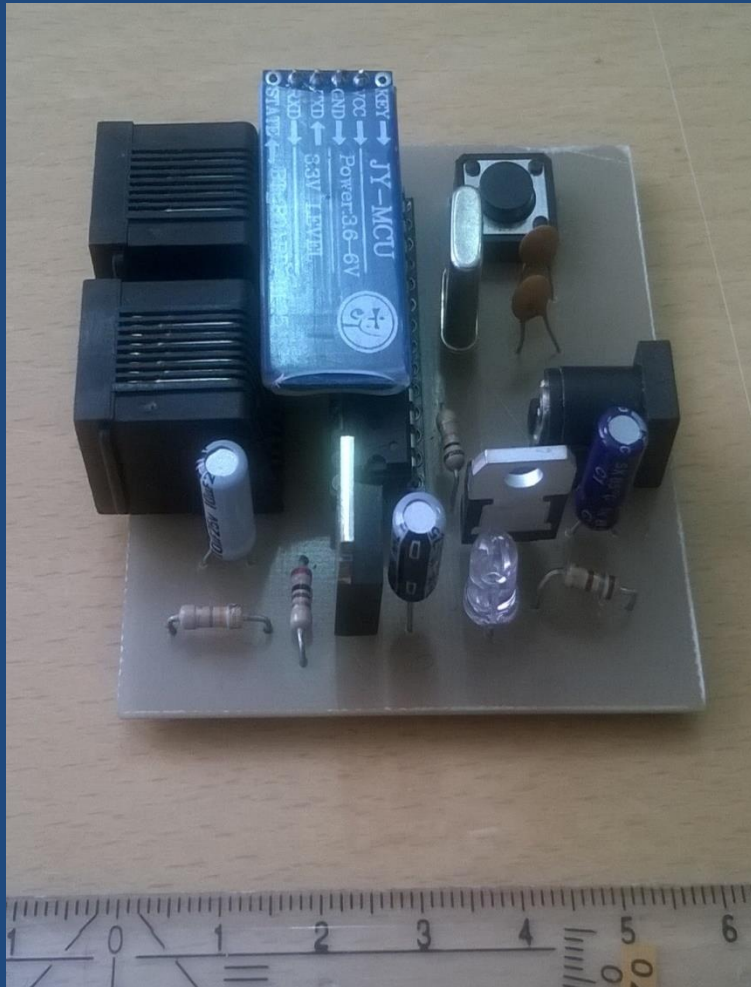
➤ Overview (PC implementation)



➤ Hardware (v1)

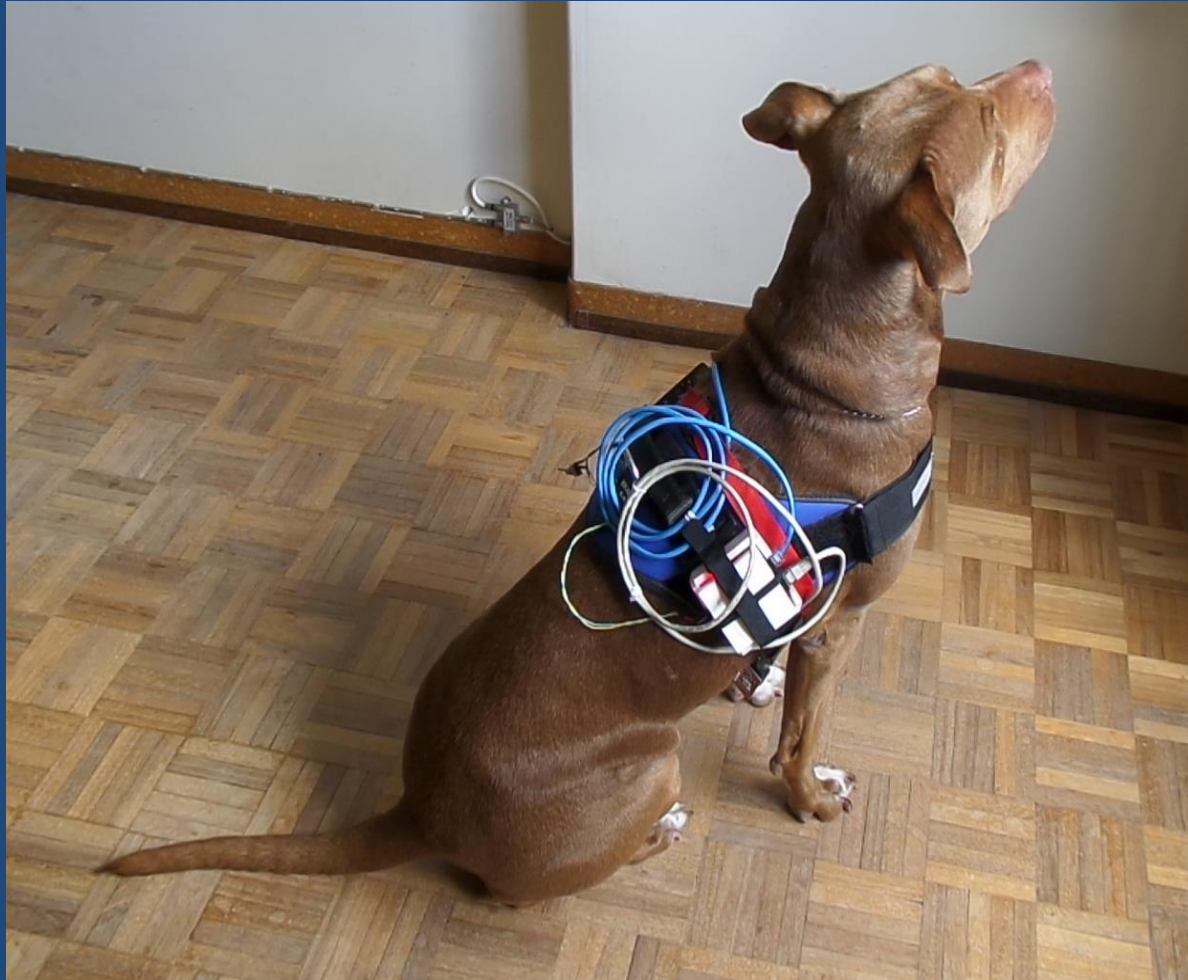


➤ Hardware (v2)

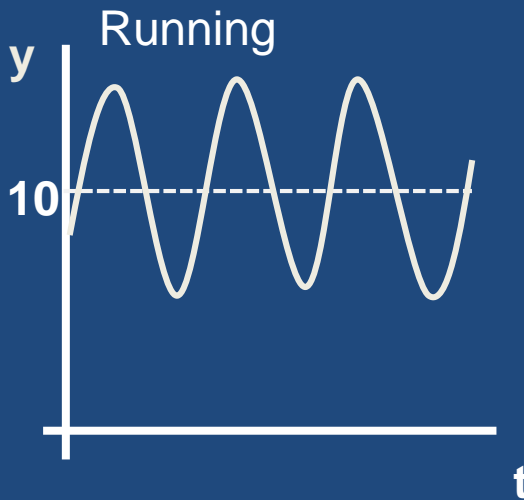
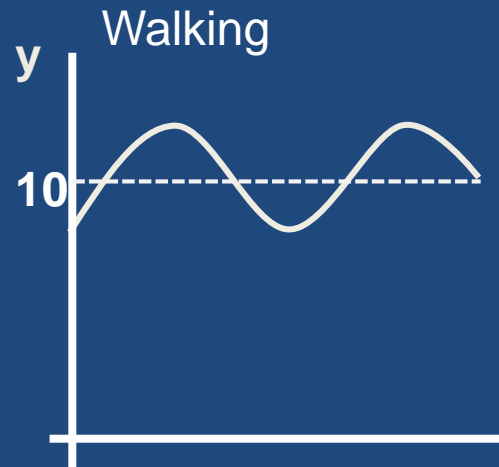
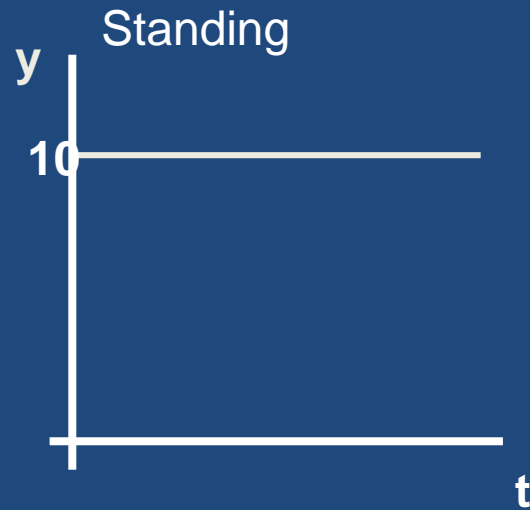
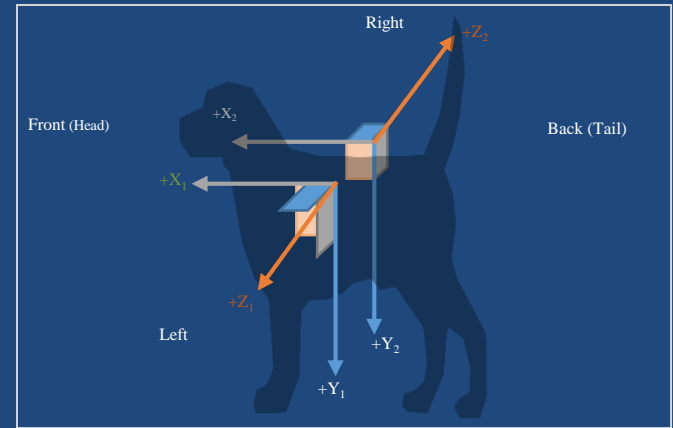


(Seabra et al., 2014)

➤ On Shiva

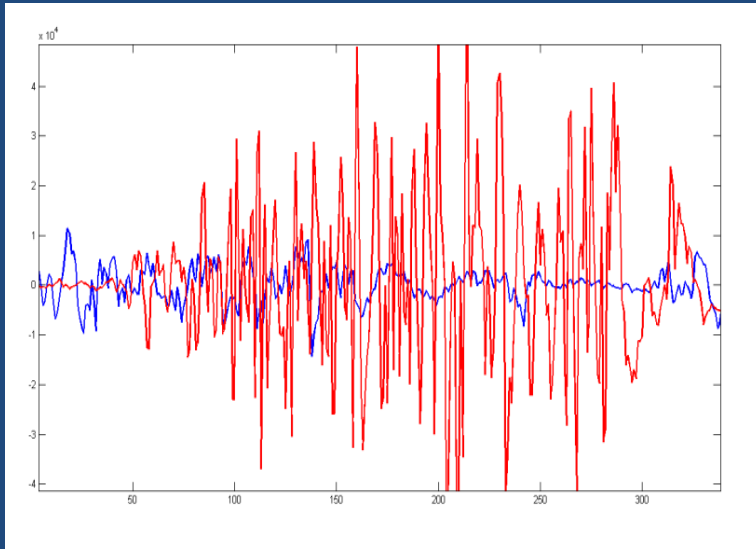


➤ Activity detection

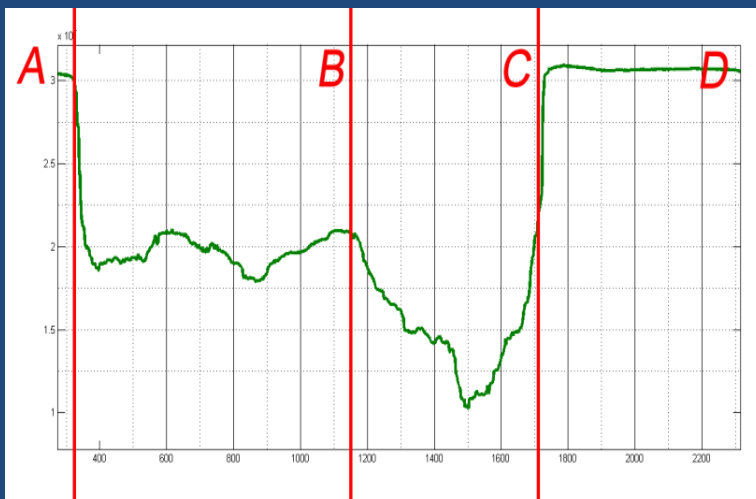


➤ Activity detection

100% accuracy
within rolling
window time

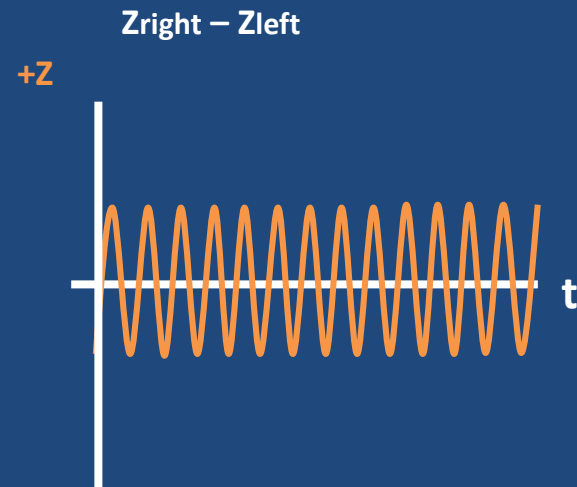
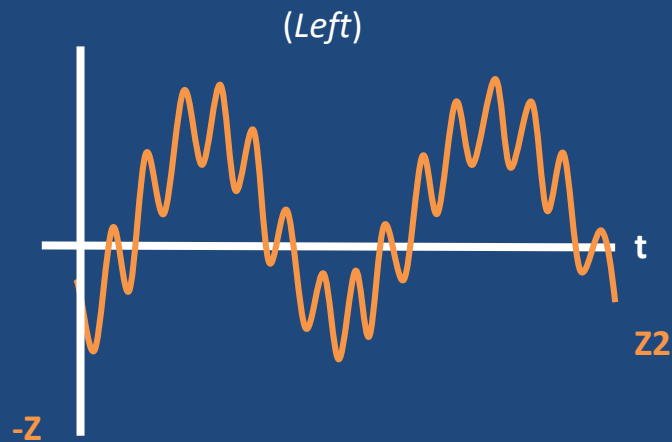
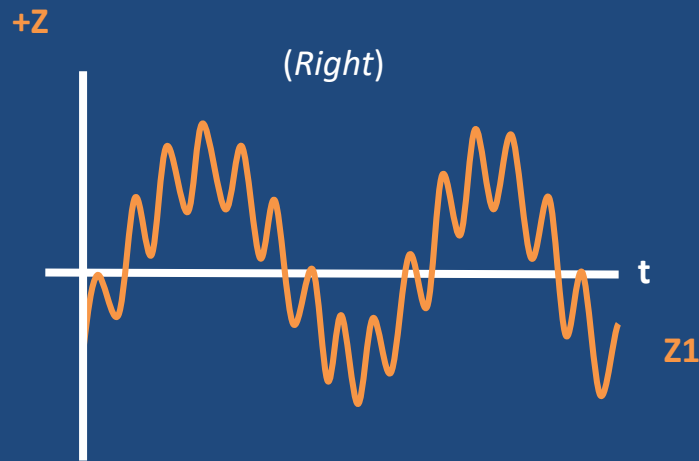
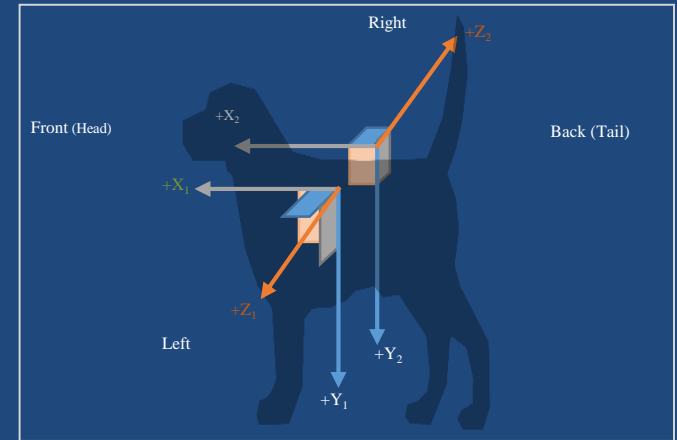


walking vs. running



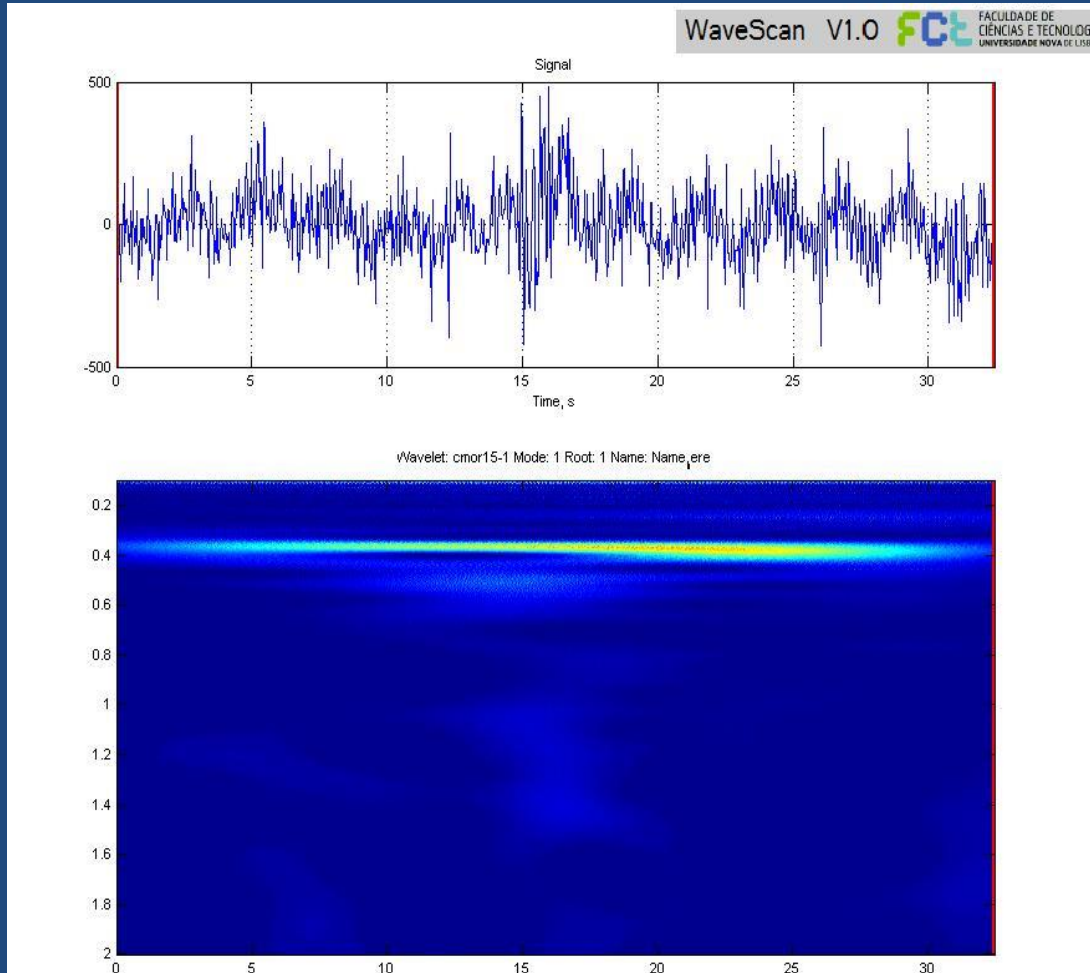
standing vs. sitting

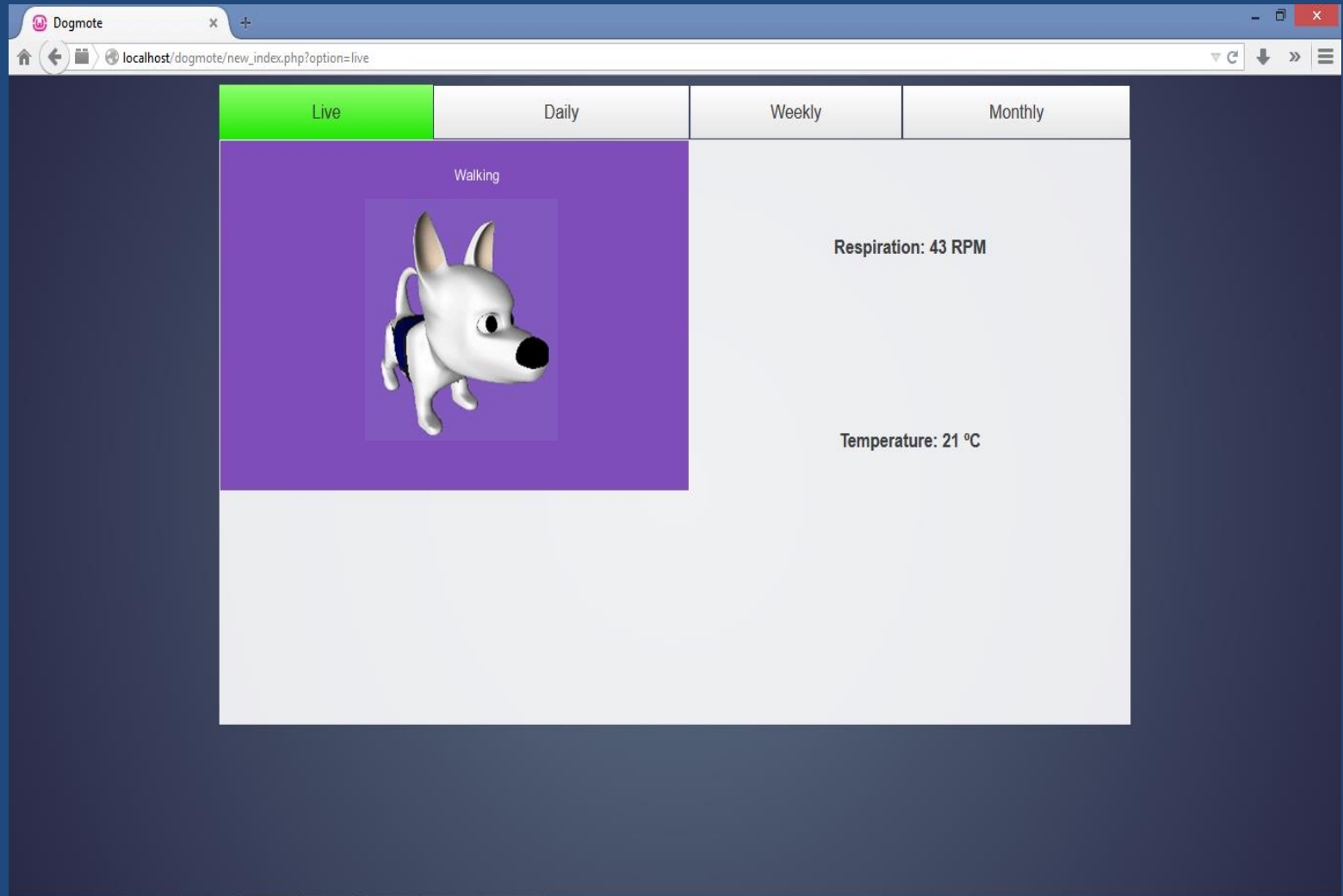
➤ Breathing rate detection



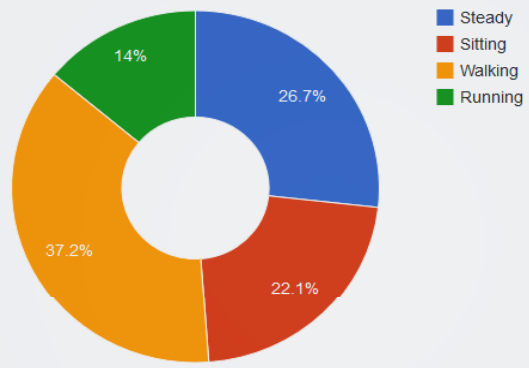
➤ Breathing rate detection

1. Filtering
2. FFT
3. Find max value

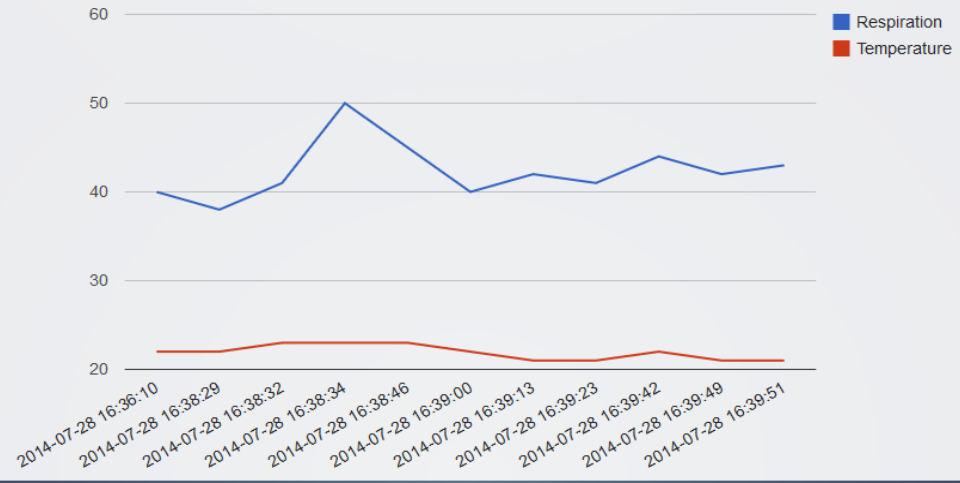




Dog Activity (today)



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 | | |