

**Vidéo-phénotypage des bioagresseurs et auxiliaires : vers le haut-débit.
Exemples d'application chez les insectes, et mise en place d'un plateau dédié à
Sophia-Antipolis**

Vincent Calcagno & Silène Lartigue
INRAE
Institut Sophia Agrobiotech, Sophia-Antipolis
vincent.calcagno@inrae.fr
silene.lartigue@inrae.fr

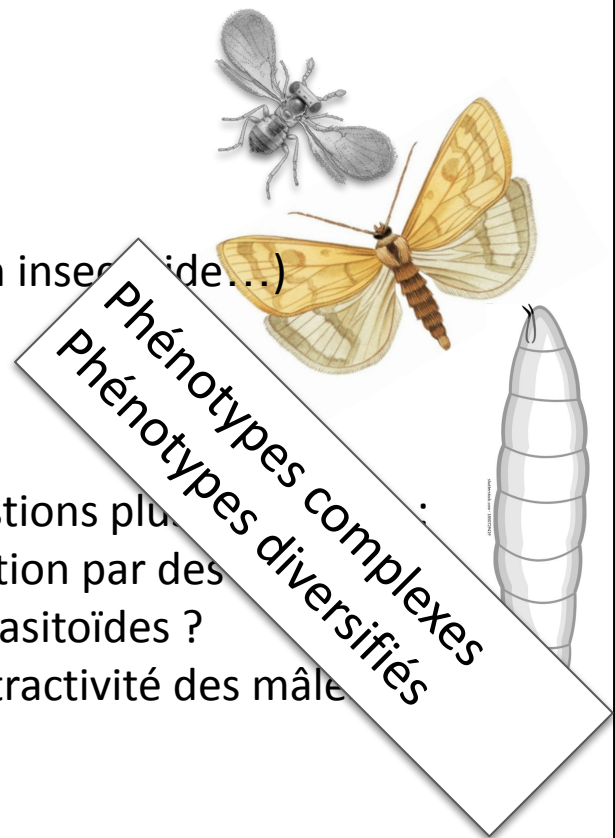
Paris
14/12/22

I. Contexte

- Les **-omiques** : caractériser au niveau génétique et moléculaire des organismes est en passe de ne plus être limitant
- Ces données massives sont surtout utiles quand elles sont confrontées à des données de **phénotype** (de traits) de niveau supérieur (vivant/mort, grand/petit...). L'obtention de ces derniers reste **artisanale**
- Dans les révolutions -omiques, la **phénomique** est le prochain horizon :
 - mettre des traits en face des géno-, transcripto-, protéo-miques
 - étudier des traits plus complexes et quantitatifs
 - automatiser/accélérer/fiabiliser les lourdes tâches de phénotypage

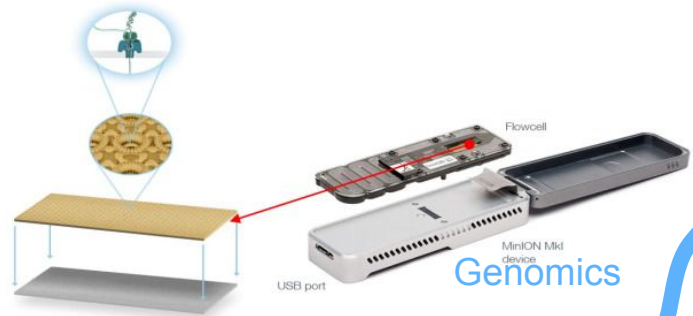
L'exemple des insectes d'intérêt agronomique

- Un phénotype "simple" (vie/mort, résistance à un insecticide...)
- Les nouvelles pratiques agricoles posent des questions plus complexes :
 - Ravageurs : dispersion entre les parcelles ? attraction par des plantes voisines ?
 - Lutte biologique : recherche des hôtes par les parasitoïdes ?
 - Technique Insectes Stériles : comportement et attractivité des mâles

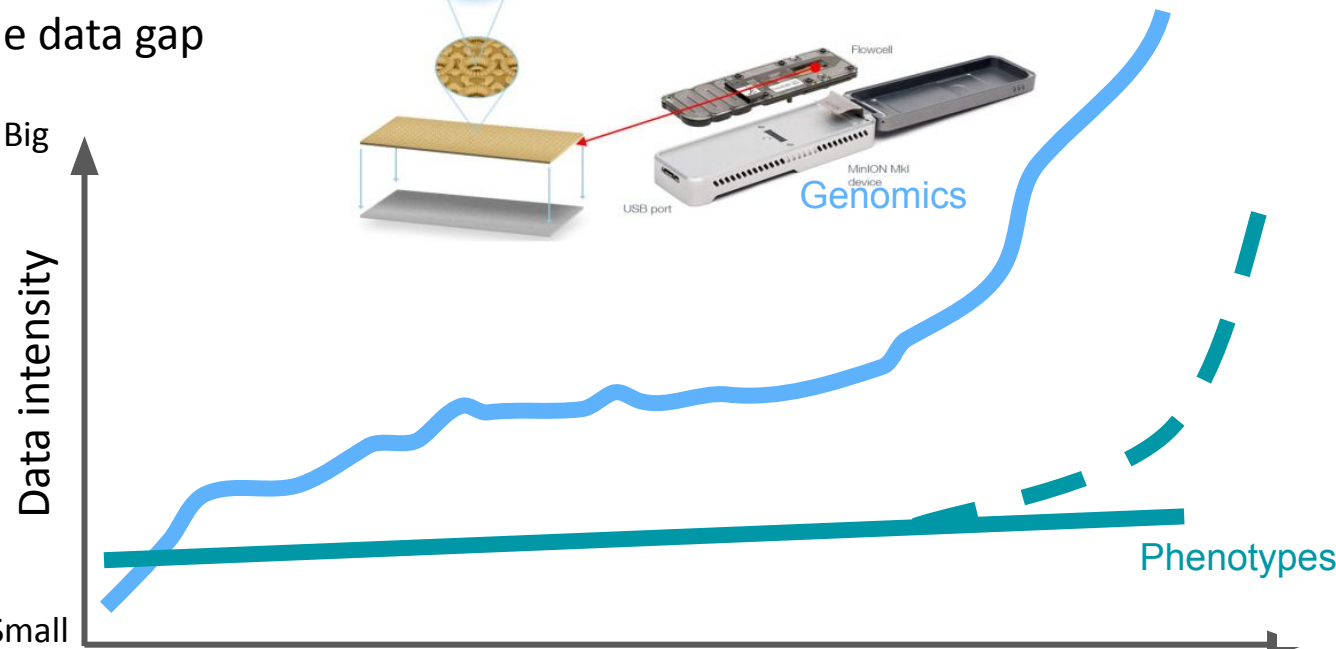


The data gap

Big
Data intensity
Small



Genomics



Phenotypes

Time



Published: 18 November 2010

Phenomics: the next challenge

David Houle, Diddahally R. Govindaraju & Stig Omholt

Nature Reviews Genetics 11, 855–866 (2010) | Cite this article

15k Accesses | 731 Citations | 29 Altmetric | Metrics

Key Points

- The area of phenomics is the acquisition of



Access through INRA - Institut Nation...

Purchase PDF

Trends in Plant Science

Volume 16, Issue 12, December 2011, Pages 635–644

Review

Feature Review

Phenomics – technologies to relieve the phenotyping bottleneck

Robert T. Furbank ¹✉, Mark Tester ²

Show more ▾

+ Add to Mendeley ↵ Share ↵ Cite

<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.09.005>

Global agriculture is facing major challenges to ensure global food security in the face of a growing population, the need to breed high-yielding crops adapted to future climates and the identification of dedicated feedstock crops for biofuel production (biofuel feedstocks). Plant phenomics offers a suite of new technologies to accelerate progress in understanding gene function and environmental responses. This will enable breeders to develop new agricultural germplasm to support future agricultural production. In this review we present plant physiology in an ‘omics’ perspective, review some of the new high-throughput and high-resolution phenotyping tools and discuss their application to plant biology, functional genomics and crop breeding.

REVIEW ECOLOGY



Big-data approaches lead to an increased understanding of the ecology of animal movement

SAN NATHAN ¹✉, CHRISTOPHER T. MONK ², ROBERT ARLINGHAUS ³, TIMO ADAM ⁴, JOSEF ALOS ⁵, MICHAEL ASSAF ⁶, HENRIK BAKTOFT ⁷

CHRISTINE E. BEARDSWORTH ⁸, MICHAEL G. BERTRAM ⁹, LI JI IVAN JARIC ¹⁰ +28 authors [Authors Info & Affiliations](#)

SCIENCE • 18 Feb 2012 • Vol 375, Issue 6582 • DOI: 10.1126/science.121780

4405



GET ACCESS

Animal tracking in a big data world

So-called “big-data” approaches have revolutionized fields of research from astronomy to genetics. Such approaches are not limited to fields that seem inherently technical, because the combination of rapid data collection and advanced analytical techniques could be applied to almost any scientific question. Nathan *et al.* reviewed how these modern approaches are being applied to the very old field of animal tracking and monitoring. Large-scale data collection can reveal details about how animals use their environment and interact with each other that were impossible to explore previously. Such methodological shifts will open new avenues of research—and conservation—across species. —SNV

Published: June 2009

The ethomics era?

Michael Reiser

Nature Methods 6, 413–414 (2009) | DOI: 10.1038/nmeth0609413a

Published: 03 May 2009

High-throughput ethomics in large groups of *Drosophila*

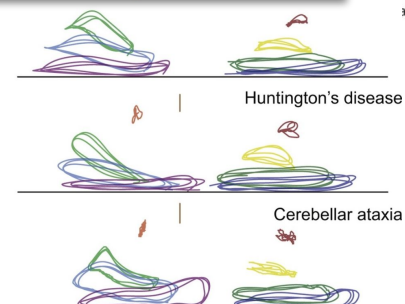
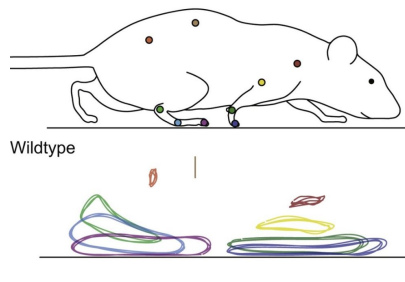
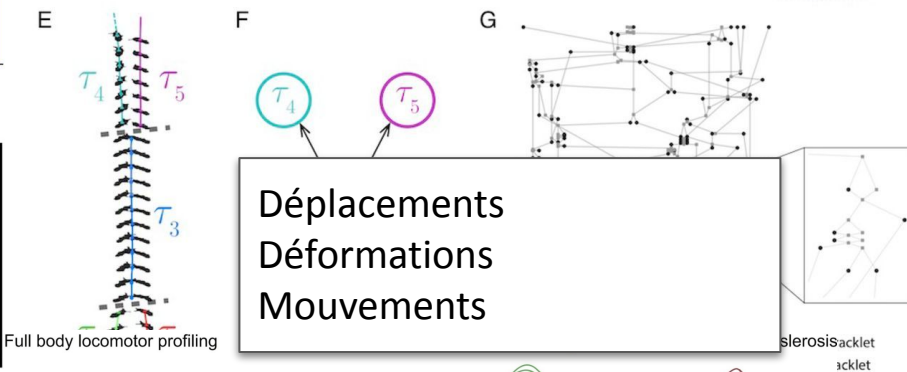
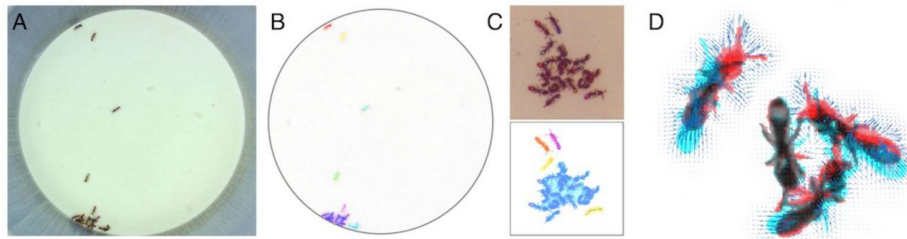
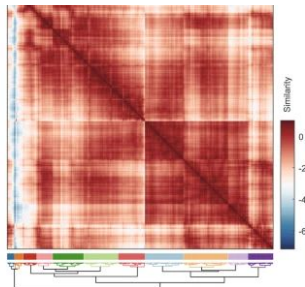
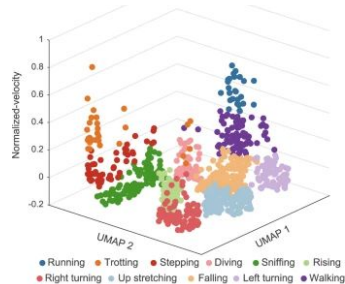
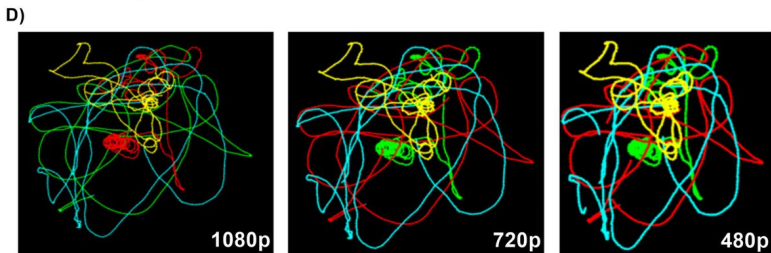
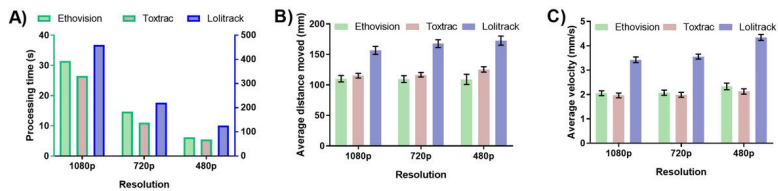
Kristin Branson, Alice A Robie, John Bender, Pietro Perona [✉] & Michael H Dyer

Nature Methods 6, 451–457 (2009) | Cite this article

7776 Accesses | 425 Citations | 17 Altmetric | Metrics

Abstract

Video phenotyping

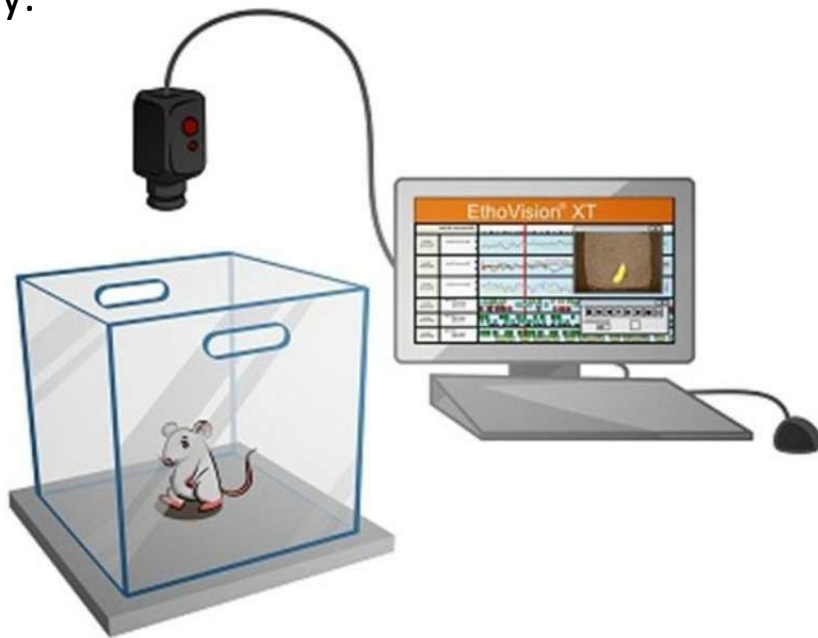


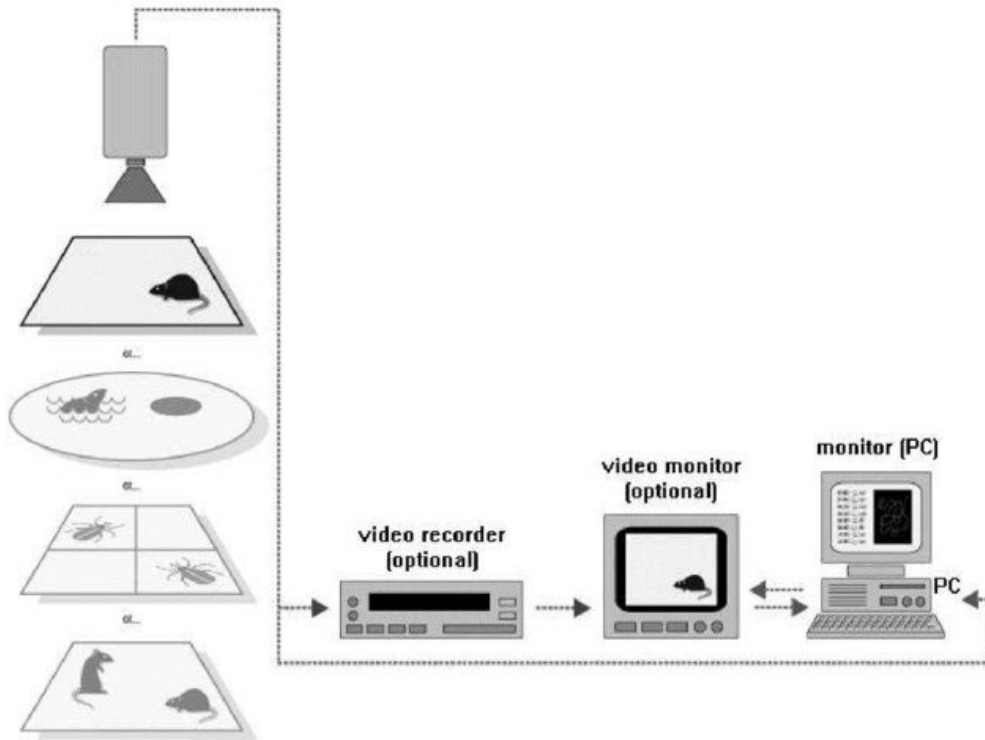
Quelles innovations méthodologiques ?

- Développement de la fabrication numérique et de la robotique
- Développement des capteurs, et en particulier des capteurs d'images
- Développement de la puissance de calcul, du stockage, et des techniques d'analyse (computer-vision, machine learning)

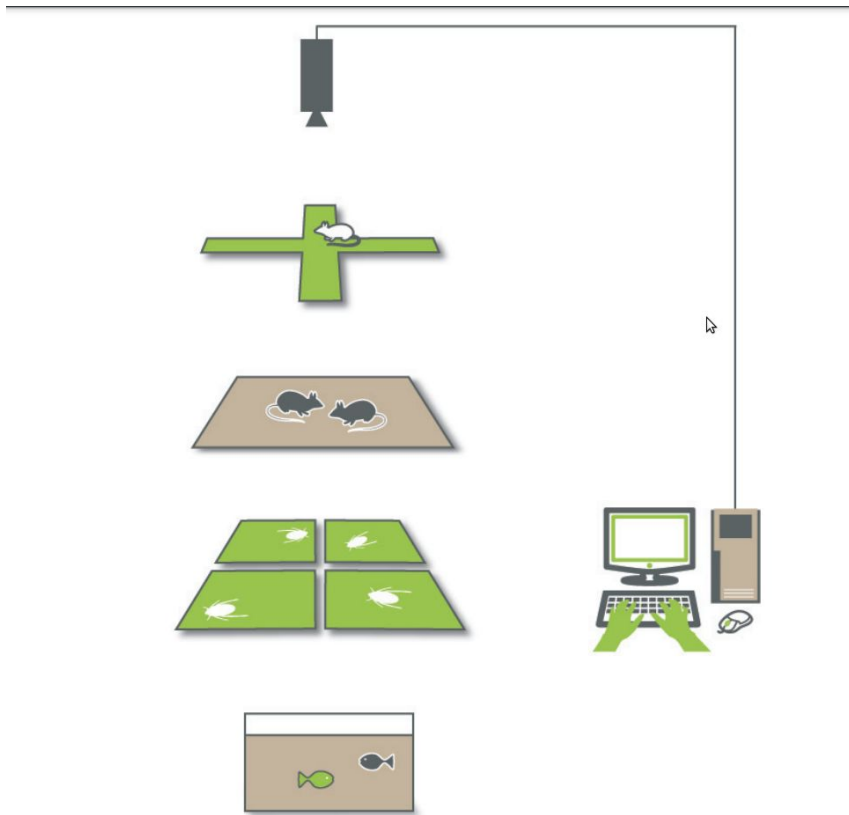
Développement du Vidéo-Phénotypage
(better / **cheaper**)

One way:





2001 commercial



2021 commercial

The other way:

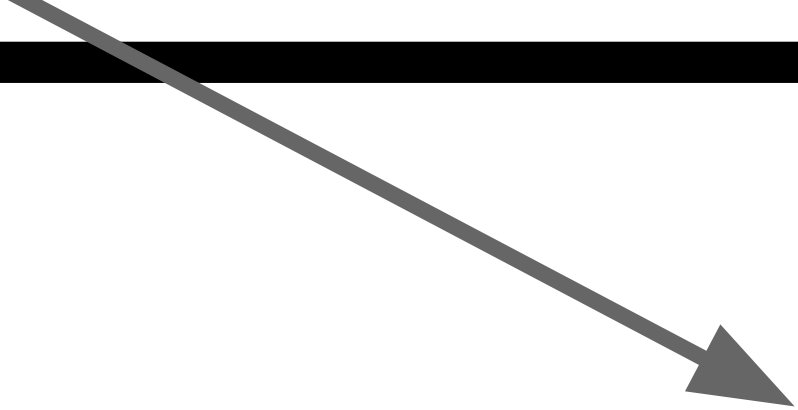
- Open source software
- DIY arenas (maker community)
- Cheap general-public components



More appropriate for normal labs, non-ERC projects, non-model organisms

II. Quelques exemples d'application au laboratoire





Trichogramma sp

- Micro-guêpes parasitoïdes
- Parmi les plus petits insectes
- Utilisées en lutte biologique
- Très utilisées pour lutter contre la pyrale du maïs (125,000 ha traités annuellement)
- Lâchers inondatifs (plusieurs milliers par ha)

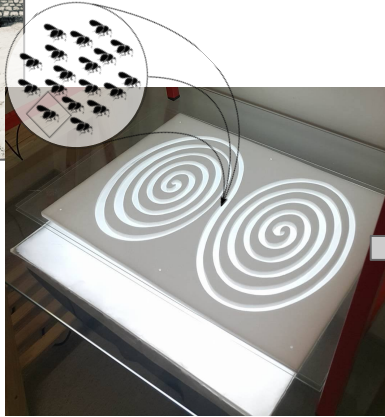
500µm



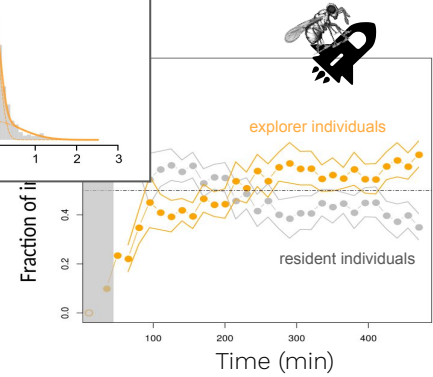
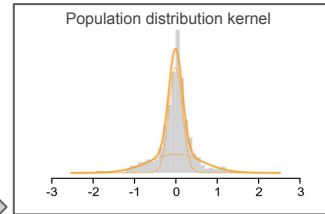
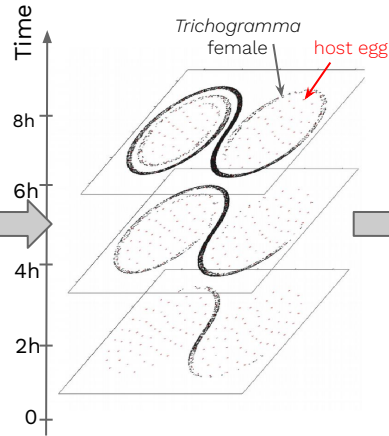
II. Quelques exemples d'application au laboratoire

A. Etude du mouvement/de la dispersion de groupes d'individus

Projet TrichoMOVE
Thèse de Méлина Cointe



72 Mpx images
every minute



- A **double-spiral maze** to study the dispersal of minute insects in the lab over **8 meters** and **one entire day**
- Significant variation in diffusion rate across strains in *T. cacoeciae*
- Non-standard diffusion: clonal individuals switch between two behavioral modes (**residents** versus **explorers**)

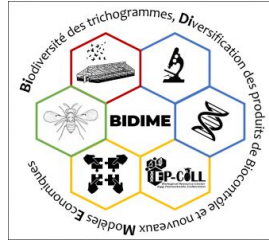
II. Quelques exemples d'application au laboratoire

- A. Etude du mouvement/de la dispersion de groupes d'individus
- B. Screening des seuils de tolérance thermique

4 cm



Projet ANR BIDIME (2020-2023)

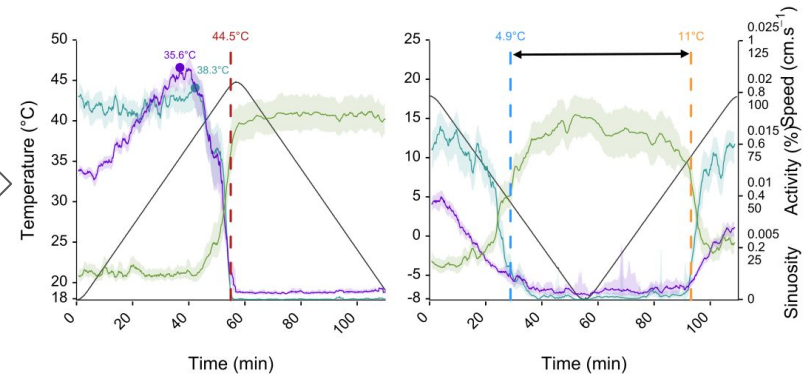
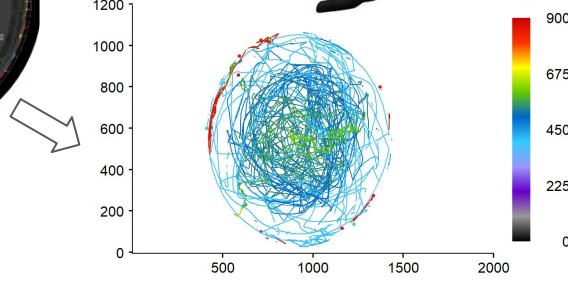
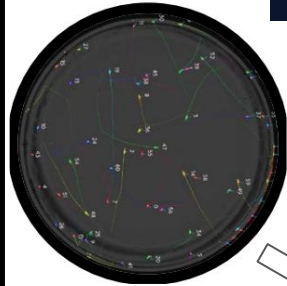


Quentin Petitjean

UHD video
for 3 hours



TRex



Projets MASCOT et AIID (2019-2022)

Inria

François Bremond

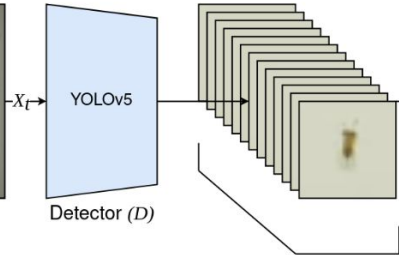


- “Tracking by detection”: use preliminary tracking to train detector, and detect objects on each frame
- Re-Identification : use **cryptic inter-individual differences** to disambiguate hard associations during tracking

4K video
for 10 min

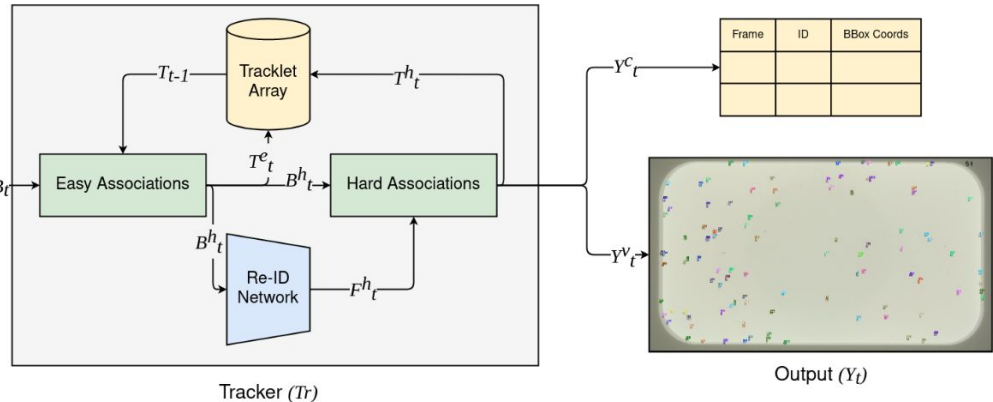


Input Frame (X_t)



Detector (D)

Bounding Boxes (B_t)



Tracker (Tr)

Output (Y_t)

Pani et al. (2021)

Frame	ID	BBox Coords



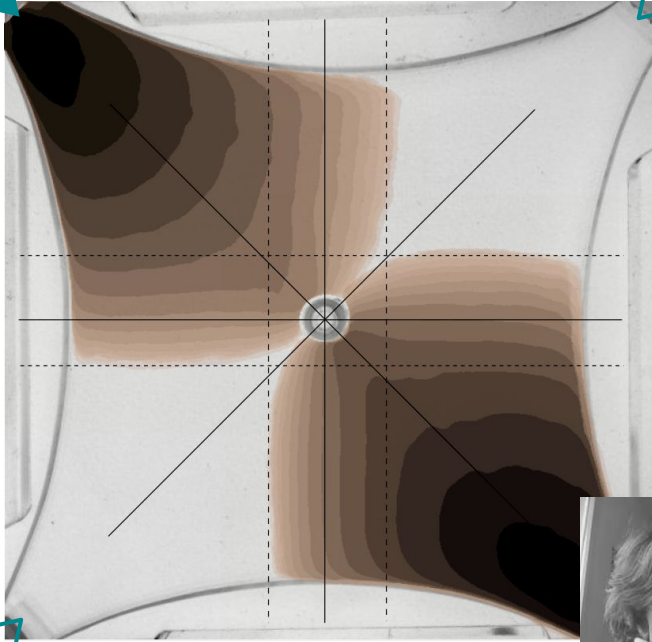
II. Quelques exemples d'application au laboratoire

- A. Etude du mouvement/de la dispersion de groupes d'individus
- B. Screening des seuils de tolérance thermique
- C. Etude des préférences olfactives de différentes espèces

Attraction/repulsion by volatile compounds (project SPE ODORAMMA)

odor +

odor -



odor -

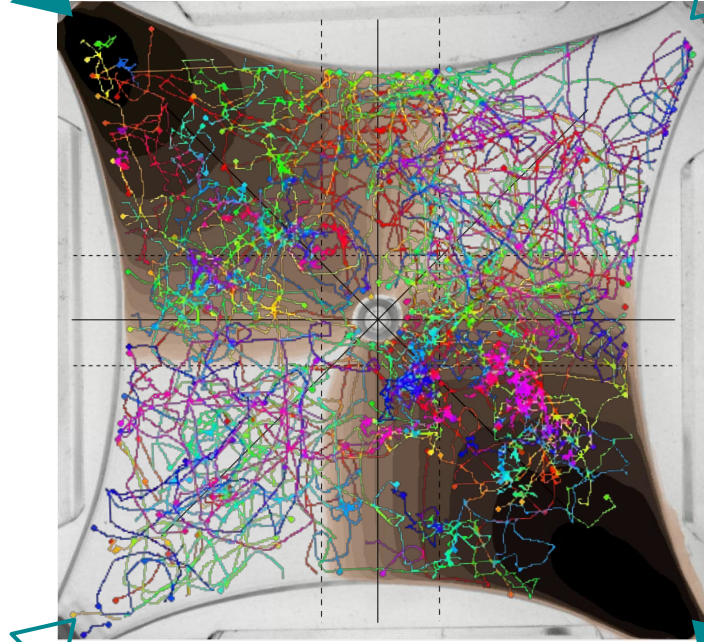


Louise van Oudenhove

HD videos
for 15 minutes

odor +

odor -



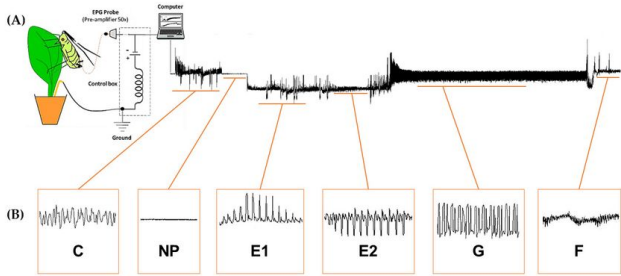
odor -

odor +

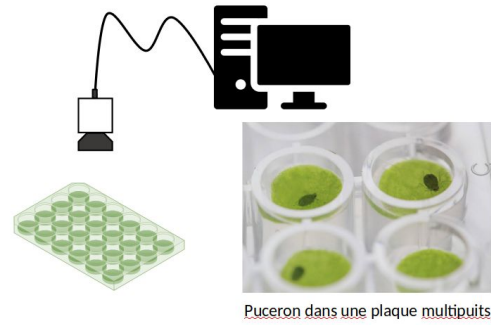
II. Quelques exemples d'application au laboratoire

- A. Etude du mouvement/de la dispersion de groupes d'individus
- B. Screening des seuils de tolérance thermique
- C. Etude des préférences olfactives de différentes espèces

- D. Caractérisation des rythmes d'activité
- E. Etude de l'orientation vis à vis de la gravité (géoperception, géotaxie)
- F. Etude de la pénétration des tissus végétaux par les pucerons

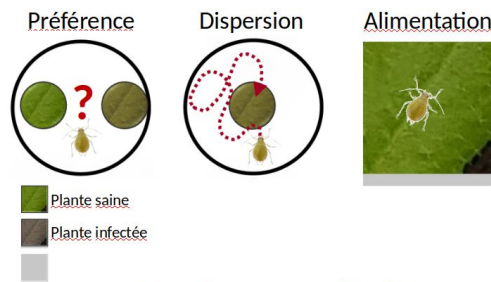


Vidéo-phénotypage Haut débit



Puceron dans une plaque multipuits

Étapes cruciales du comportement de vection



Couplage avec GWAS ('Genome-Wide Association study')

SVQV Colmar



Véronique Brault



Quentin Chesnais

II. Quelques exemples d'application au laboratoire

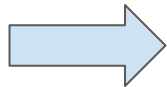


III. Pourquoi le vidéo-phénotypage devient incontournable

- Montée en puissance **quantitative** : gain de temps, gain de main d'oeuvre
- Montée en puissance **qualitative** : meilleure fiabilité / tracabilité / reproductibilité des procédures
- Montée en puissance **qualitative** : mesurer des choses que l'on ne peut pas mesurer à l'oeil
- Générer des données phénotypiques à haut-débit... pour aller vers des études d'association **phéno-génomique (GWAS)**

III. Pourquoi le vidéo-phénotypage devient incontournable

- Montée en puissance **quantitative** : gain de temps, gain de main d'oeuvre
- Montée en puissance **qualitative** : meilleure fiabilité / traçabilité / reproductibilité des procédures
- Montée en puissance **qualitative** : mesurer des choses que l'on ne peut pas mesurer à l'oeil
- Générer des données phénotypiques à haut-débit... pour aller vers des études d'association **phéno-génomique (GWAS)**



Création d'une plateforme de vidéo-phénotypage à ISA