

PRÉSENTATRICE : Rose Lefebvre

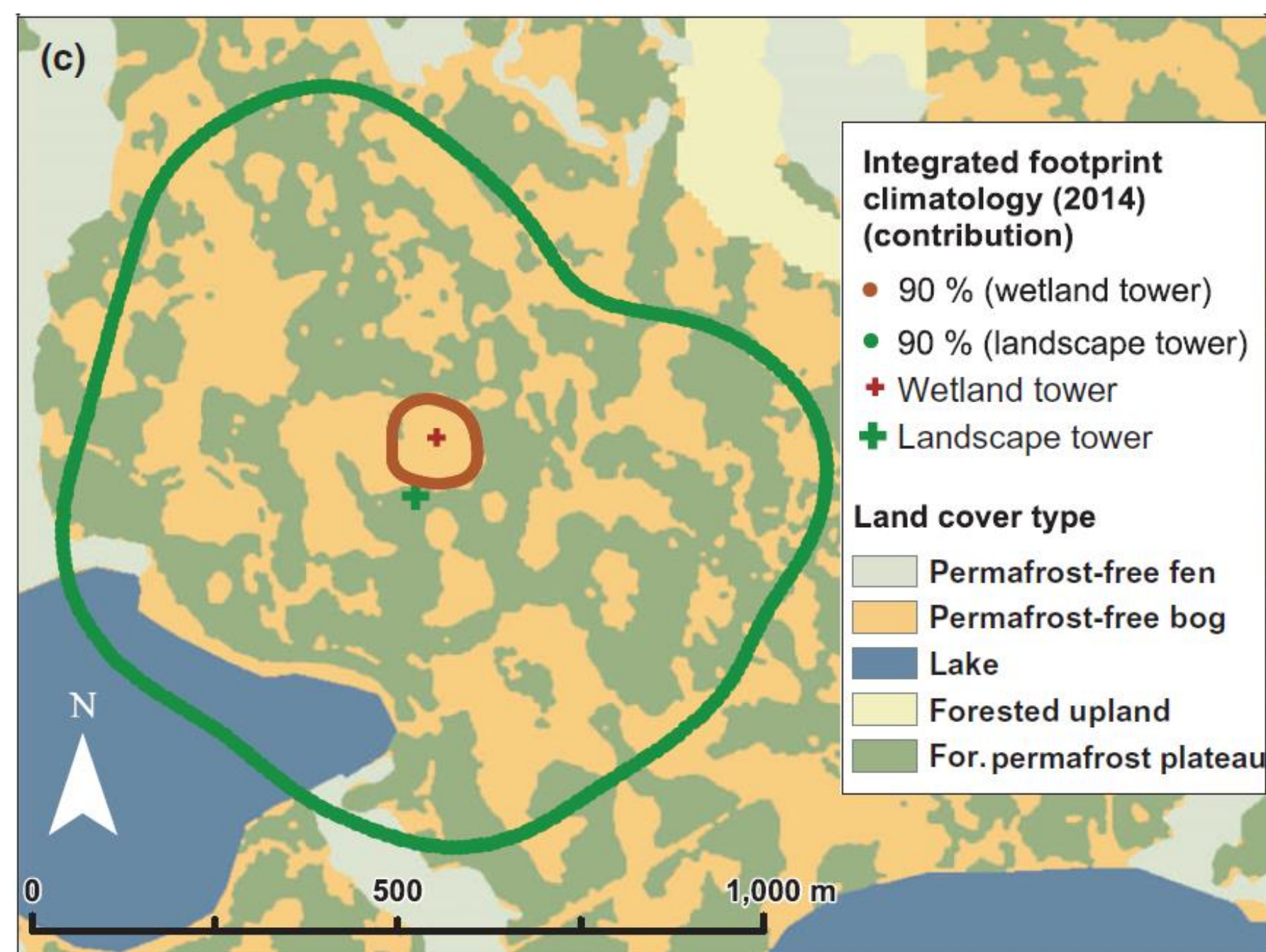
### INTRODUCTION

CLASSIC est un modèle qui combine le schéma canadien de surface terrestre (CLASS) et le modèle canadien des écosystèmes terrestres (CTEM). CLASS simule des quantités physiques comme les flux d'énergie et d'eau et les quantités de mouvement entre l'atmosphère et la surface terrestre.

### MÉTHODES

**Données de simulation:**  
CLASSIC modélise différents processus physiques et biogéochimiques à partir de conditions initiales qui dépendent du site. Des fichiers de forçage météorologique sont également nécessaires.

**Données d'observation:**  
Un système de covariance des turbulences mesure les flux d'une quantité donnée (ex. CO<sub>2</sub>), soit la variation de celle-ci à travers une quantité d'aire par une unité de temps.



Contribution des zones avec et sans pergélisol aux deux tours mesurant la covariance des turbulences. [2]

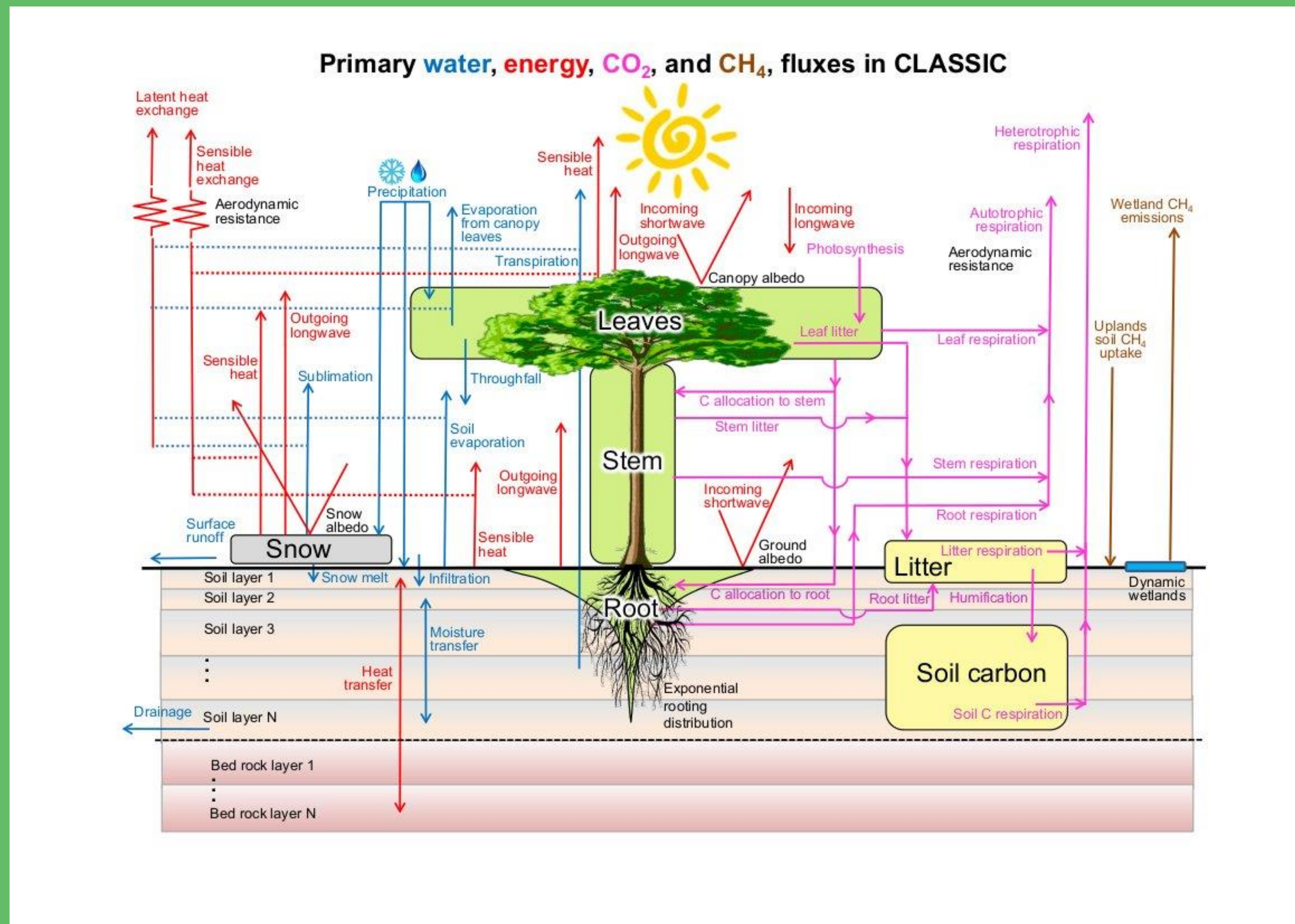
### PARTITION

La tour marquée en rouge mesure des flux majoritairement produits par des zones humides et celle marquée en vert, des flux produits autant par des zones humides que par des forêts sur des plateaux de pergélisol.

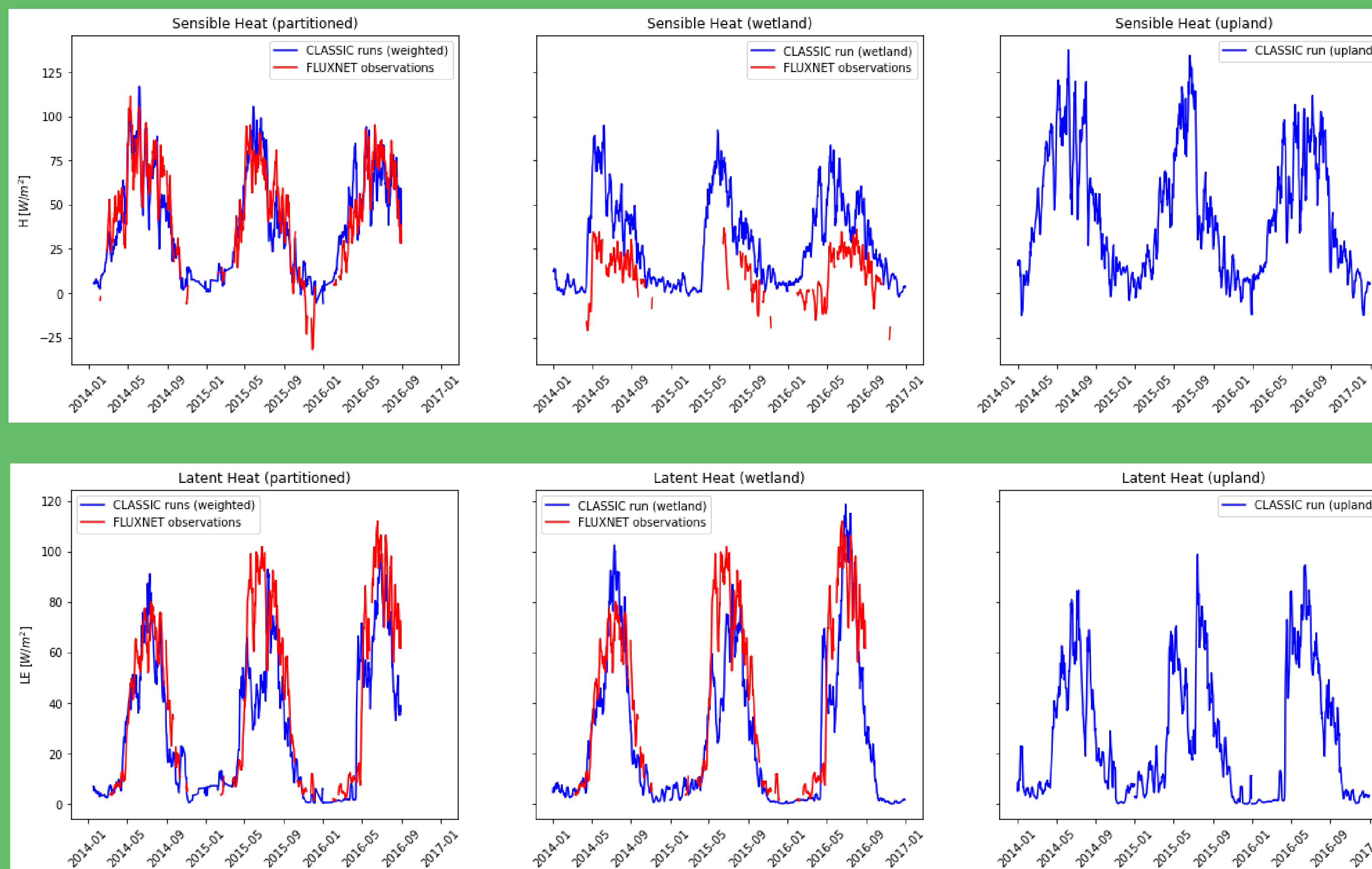
On utilise une moyenne pondérée entre les simulations de zones humides (W) et de forêts sur plateaux de pergélisol (U) afin de simuler des valeurs pour tout le paysage délimité en vert (L):

$$L = Ux + W(1 - x)$$

où x dépend de la vitesse et de la direction du vent à un temps donné. La fraction associée à W comprend les marais, les marécages et le lac, et celle associée à U comprend les zones de forêts avec et sans pergélisol.



Schématisme des interactions traitées par CLASSIC. [1]



Résultat de la partition des zones humides et des zones de forêts sur des plateaux de pergélisol pour la chaleur sensible et la chaleur latente.

### SCOTTY CREEK

Scotty Creek est situé à environ 50km au sud de Fort Simpson, dans les Territoires du Nord Ouest, au Canada. La modélisation de ce site est complexe à cause de la discontinuité du pergélisol qui s'y trouve. Des quantités importantes de méthane (GES important) sont emmagasinées sous le pergélisol, et la fonte de celui-ci risque d'accélérer les changements climatiques.



Végétation d'une zone de forêt sur un plateau de pergélisol à Scotty Creek. [3]

### RÉSULTATS

L'eau dans les zones de forêts s'écoule vers les zones humides après avoir atteint le pergélisol. Cependant, CLASSIC ne permet actuellement pas de simuler l'écoulement latéral entre deux sites.

Il n'y a donc présentement pas assez d'eau dans la simulation des zones humides (W). Comme l'eau a une capacité thermique élevée, la chaleur sensible est libérée moins rapidement s'il y a beaucoup d'eau, ce qui n'est pas le cas ici.

La chaleur latente simulée montre des creux au début de certains étés. Il y a présentement trop de végétation simulée. Il est possible que ces creux soient causés par l'évaporation de l'eau transpirée par les plantes simulées.

### BIBLIOGRAPHIE

[1] Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis. [https://ccma.gitlab.io/classic\\_pages/model/](https://ccma.gitlab.io/classic_pages/model/).

[2] Helbig, M. et al. (2016). «Regional atmospheric cooling and wetting effect of permafrost thaw-induced boreal forest loss». *Global Change Biology*, doi: 10.1111/gcb.13348.

[3] Garon-Labrecque, M.-È. et al. (2015). «Additions to the Boreal Flora of the Northwest Territories with a Preliminary Vascular Flora of Scotty Creek». *The Canadian Field-Naturalist*, 129, 349-367.





# SEARCHING FOR EXOPLANETS IN EXTREME ENVIRONMENTS VIA DIRECT IMAGING



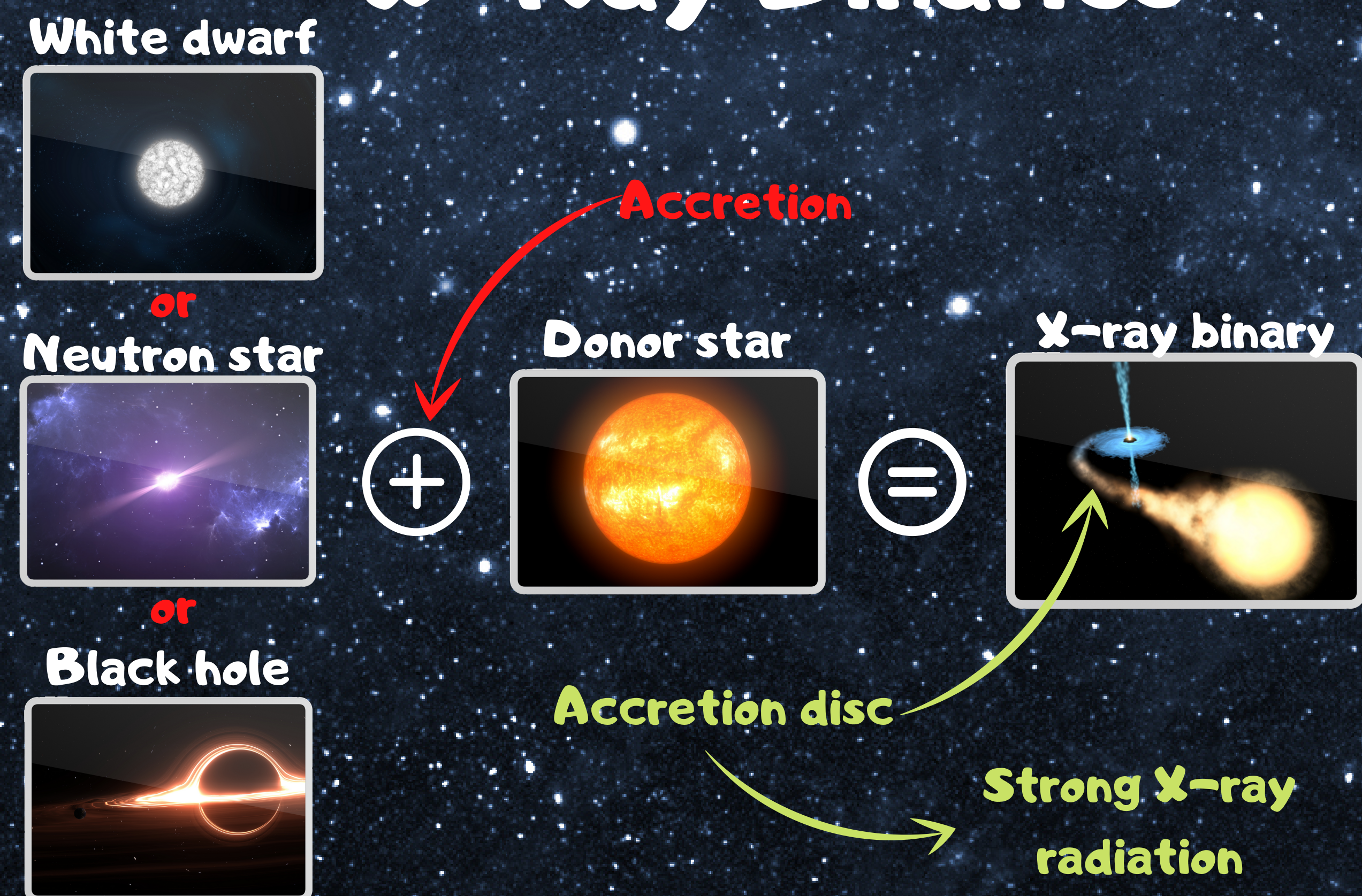
M. PRASOW-ÉMOND (1,2), J. HLAVACEK-LARRONDO (1), K. FOGARTY (3,5), J. RAMEAU (4), L.-S. GUITÉ (1), D. MAWET (5), D. LAFRENIÈRE (1) ET AL.

(1) Université de Montréal, (2) iREx, (3) NASA AMES, (4) Université de Grenoble, (5) California Institute of Technology

## Overview

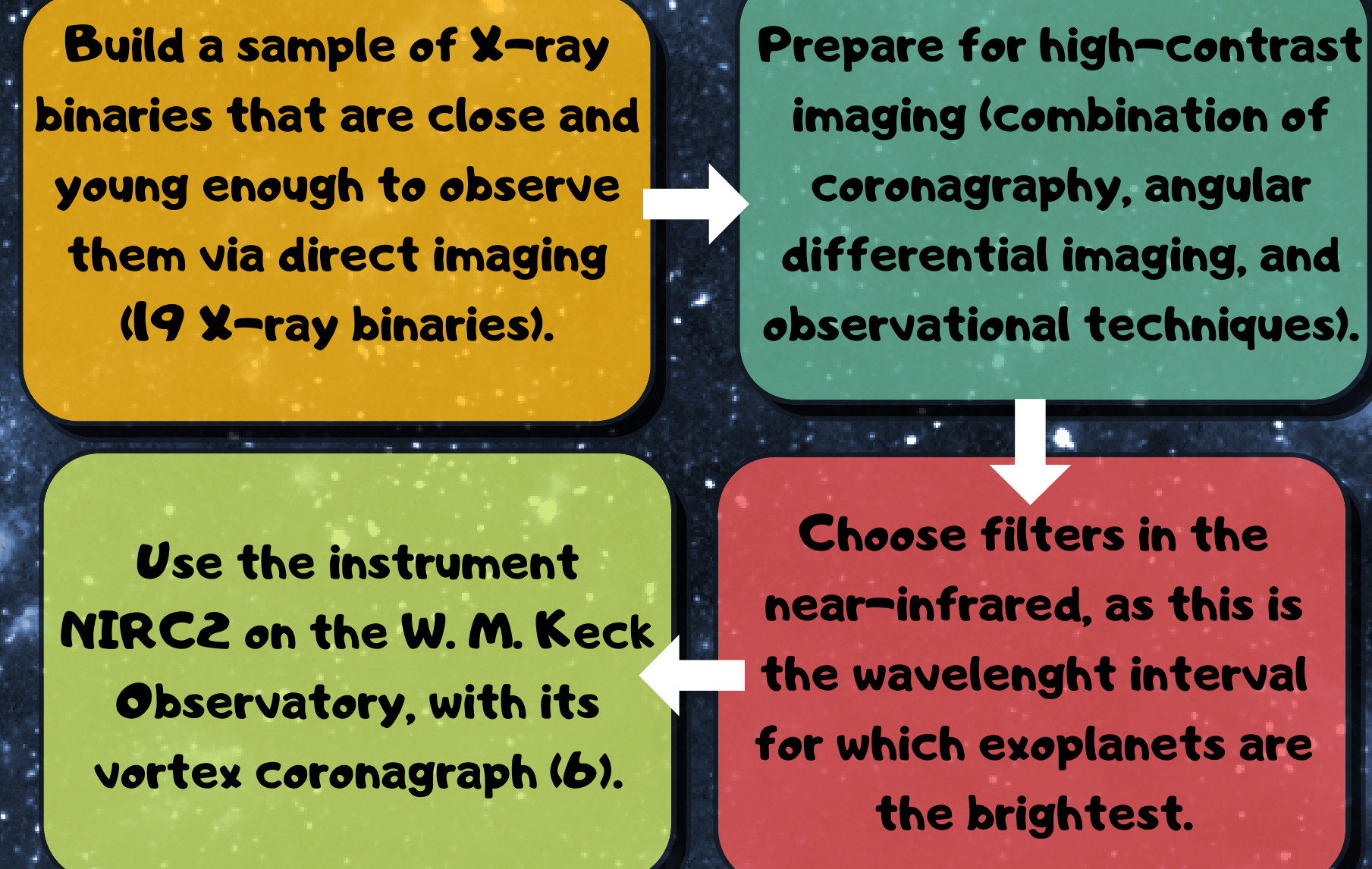
As part of a pilot study aiming to explore the immediate environments of X-ray binaries, we obtained NIRC2 observations taken with the W. M. Keck Observatory of a dozen X-ray binaries from 2017 to 2020. These consist of the first high-contrast images of X-ray binaries, enabling us to search for companions (exoplanets, brown dwarfs, and stars) in these extreme environments and potentially completely redefine our comprehension of these binary systems.

## X-Ray Binaries



X-ray binaries are unique laboratories for studying astronomical objects and phenomena under extreme conditions

## Observations



2017-2018: Observations for 7 X-ray binaries  
2020: Observations for 9 X-ray binaries (2 reobserved)

See Fig. 1 and 2 for the images of the X-ray binaries for which we detected candidate companions. Those are also the first high-contrast images of X-ray binaries ever taken.

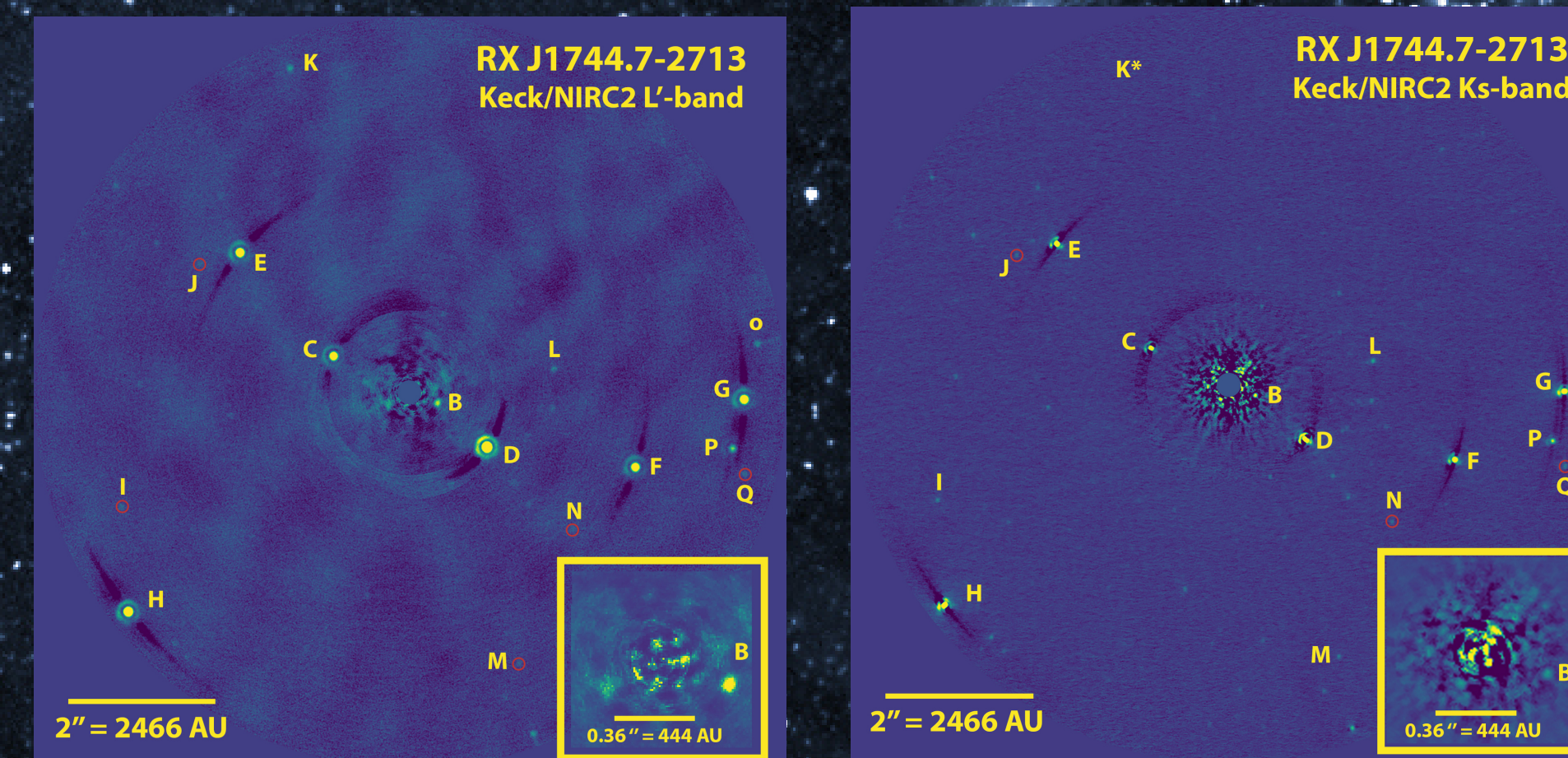


Fig. 1. High-contrast images of RX J1744.7-2713 (two bands)

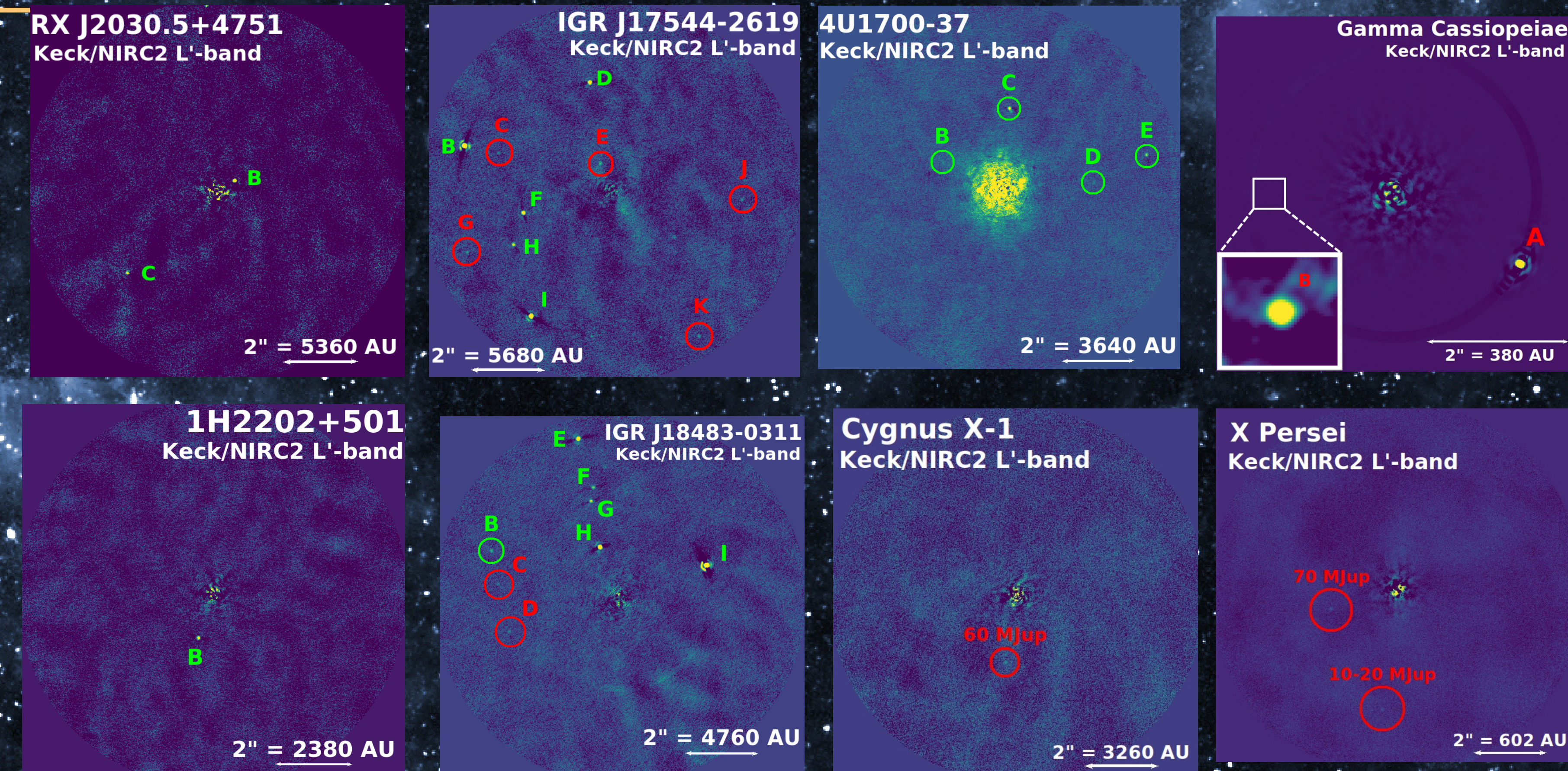
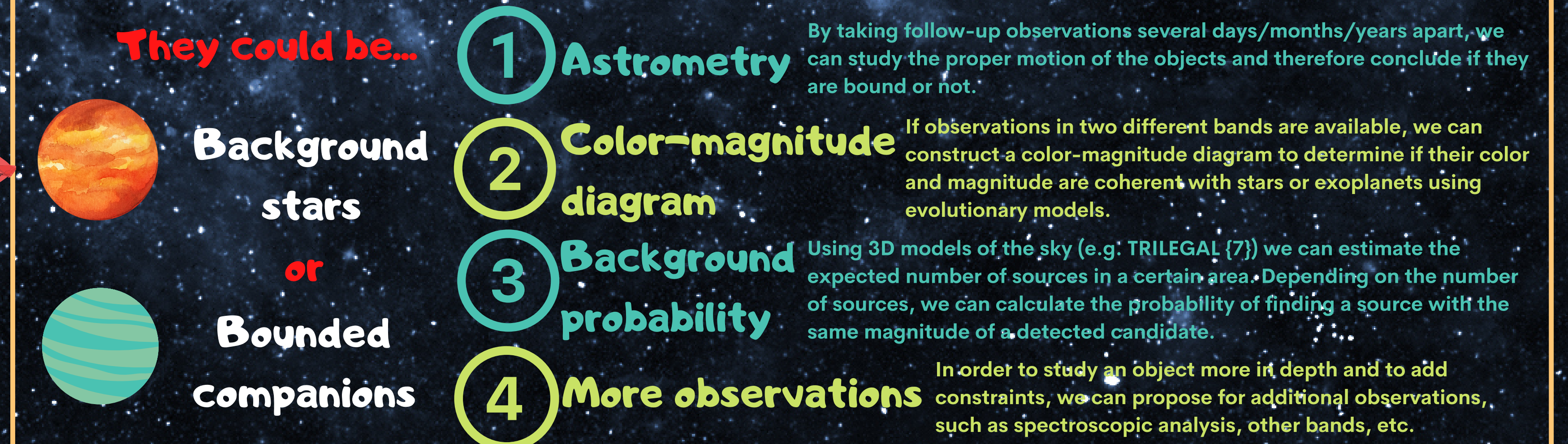


Fig. 2. High-contrast images of the other X-ray binaries for which we detected candidate companions

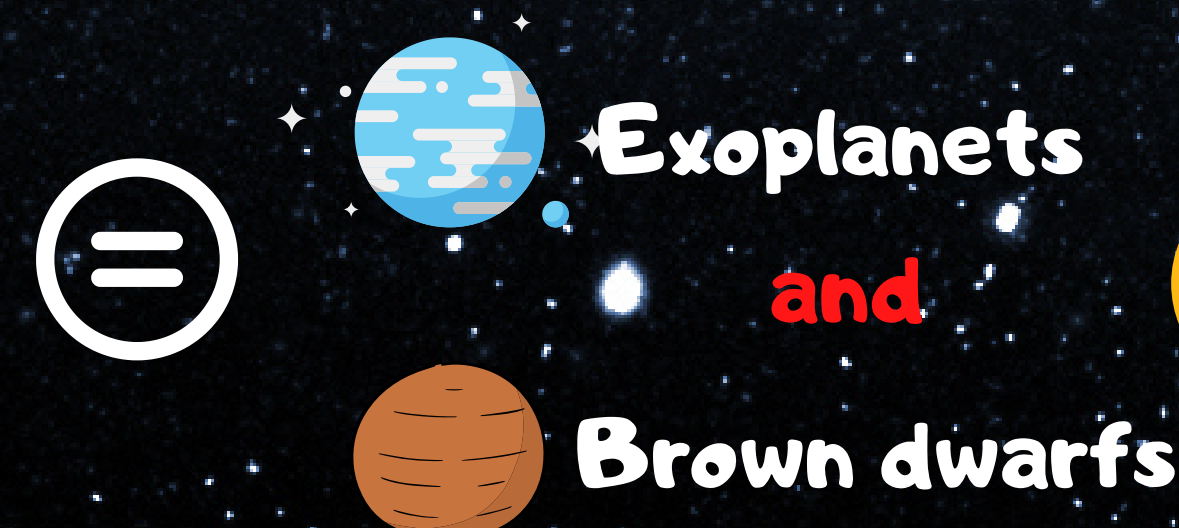
## Some methods to determine the nature of the detections



We thus decided to explore the environment of X-ray binaries via direct imaging in order to search for companions orbiting around them.

## Some arguments that motivated the project

## Sub-Stellar Companions



**1** The first exoplanets were discovered around pulsars in the 90s (e.g. {1}), which means that sub-stellar companions can exist in extreme environments.

**2** Studies indicate that they can exist in a variety of environments: from the ones that orbit exceedingly close to their host star (e.g. {2}) to those found excessively far (e.g. {3}).

**3** Recently, it was argued that X-ray binaries could host planetary systems {4}, detectable via transit spectroscopy.

**4** However, those systems are more likely to harbour wide orbit planets because of planet-star/planet-planet interactions that would push away the companions {5}.

## References

- {1} Wolszczan & Frail (1992)
- {2} Seager & Sasselov (1998)
- {3} Naud et al. (2014)
- {4} Imara et al. (2018)
- {5} Bonavita et al. (2016)
- {6} Mawet et al. (2005)
- {7} Girardi et al. (2005)



# Finding anomalies at the Large Hadron Collider

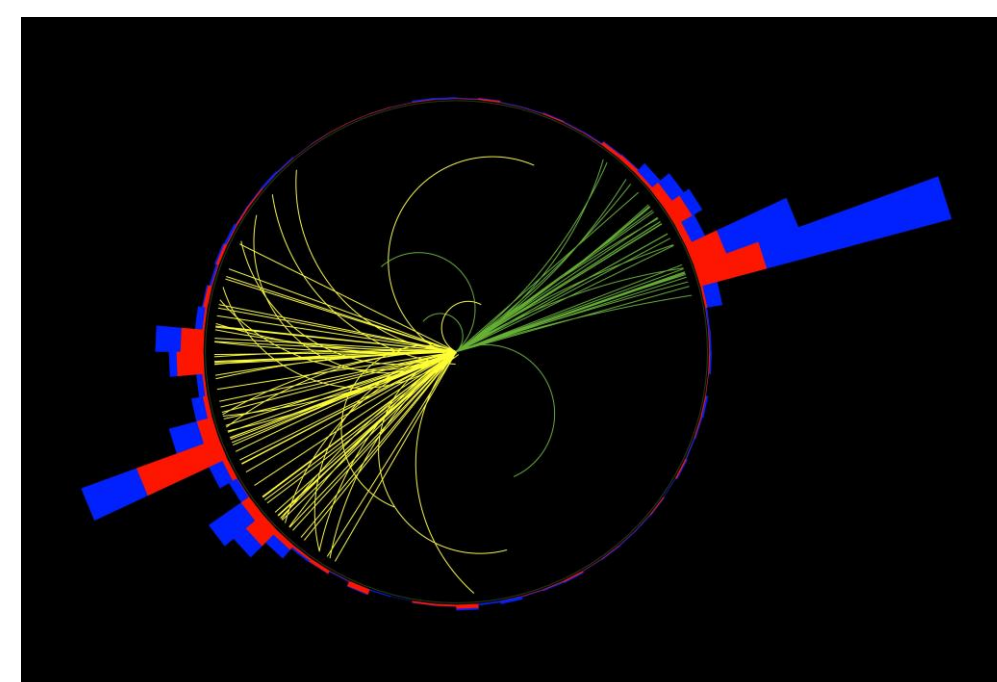
## In a search for new physics



PRESENTATOR : Julien Leissner-Martin

### INTRODUCTION

- Particle physics is explained by the Standard Model (SM) which describes elementary particles
- Although very experimentally robust, the SM is admittedly incomplete, as it explains only about 5% of the Universe
- Many models have been concocted to fill in the SM gaps, such as Supersymmetry, but none have found experimental evidence
- Our goal is to look for new physics independently from pre-determined models using Machine Learning (ML) to find general anomalies in the LHC data, specifically inside **large-R jets**, which are collimated beams of particles



Visualization of two back-to-back jets inside ATLAS, with particles being grouped up in small clusters.

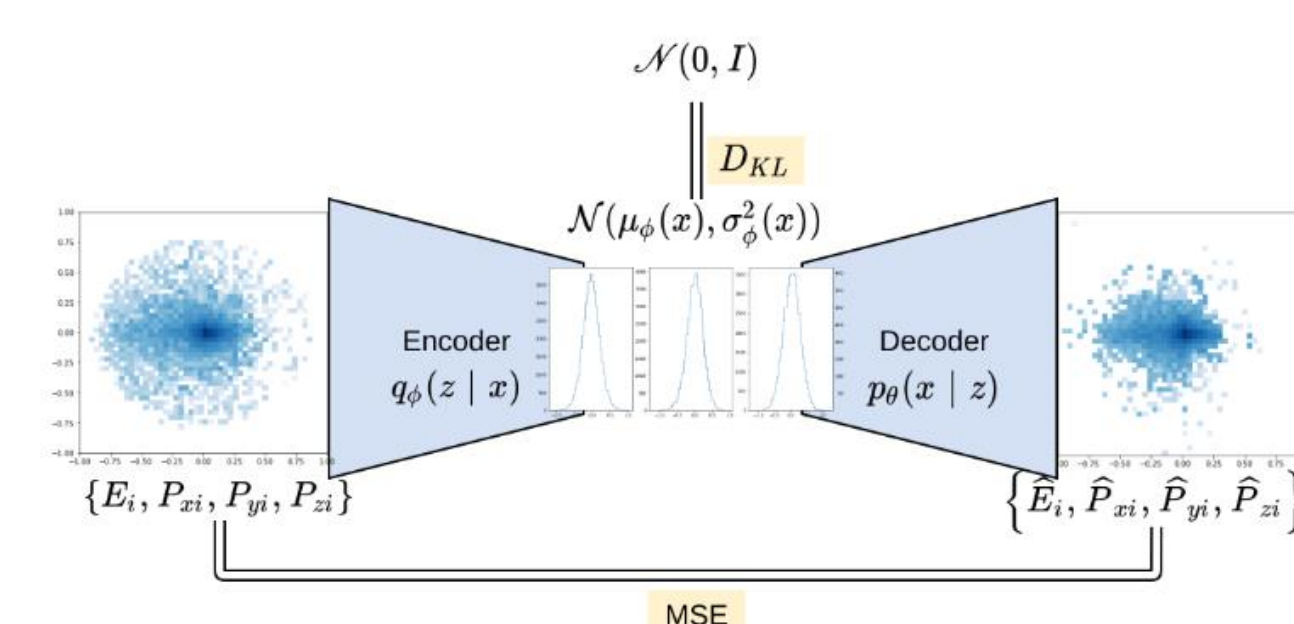
### LHC AND ATLAS

- The LHC is the world's biggest particle accelerator, speeding protons to 99.999999% of the speed of light before colliding them head-on inside **ATLAS**, a detector within the LHC
- Every proton collision is called an "event" and will generate hundreds or thousands of particles in a decay chain where particles quickly decay into more and more particles
- Large-R jets** are collimated beams of particles which all originate from the same high-energy particle decay

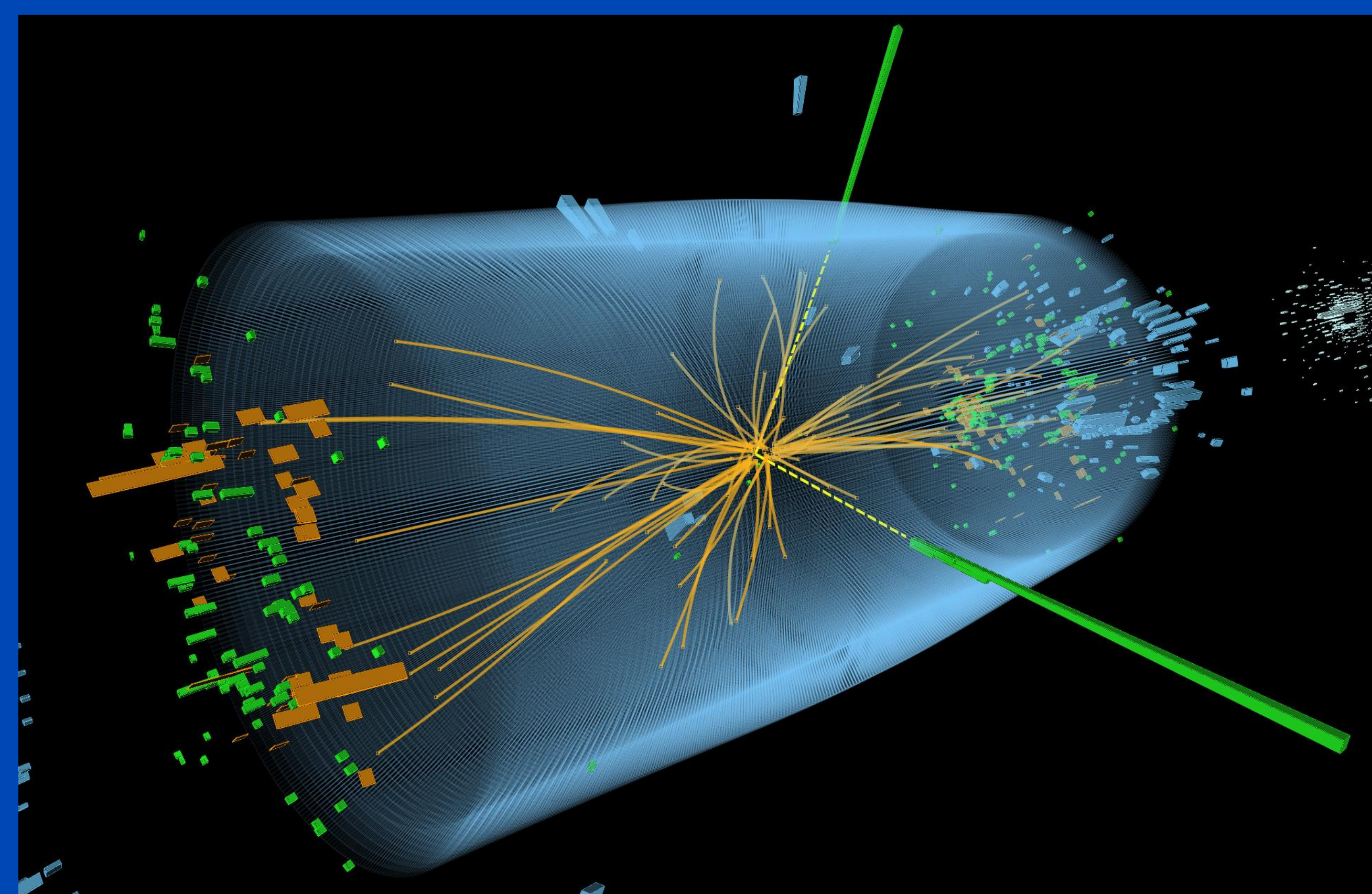
### MACHINE LEARNING AND VAE

- Deep learning is a type of artificial intelligence (AI) which learns by being exposed to training examples
- The method we implemented is to use a Variational AutoEncoder (VAE) which tries to learn the known physics inside the large-R jets
- The VAE takes as inputs the quadrivectors of the particles inside a large-R jet, **encodes** that information inside a lower dimensionality space, then **decodes** that information back to **reconstruct** the quadrivectors of the particles

Structure of the VAE, with an input, an encoder leading to a latent space, that is then decoded to generate an output of equal dimensionality to the input – and tries to reproduce the initial input.



- Every event can be given an **anomaly score** which is the comparison between the input and the output of the VAE
- The training part of the VAE mostly consists in reducing the anomaly score on the training set
- The ultimate goal is to then expose the VAE to real LHC data with the assumption that the events with the highest **anomaly score** are way more likely to come from unknown physics rather than known physics which the VAE was designed to assign low anomaly scores



Visualization of an event (collision of two protons inside the LHC) within the ATLAS detector

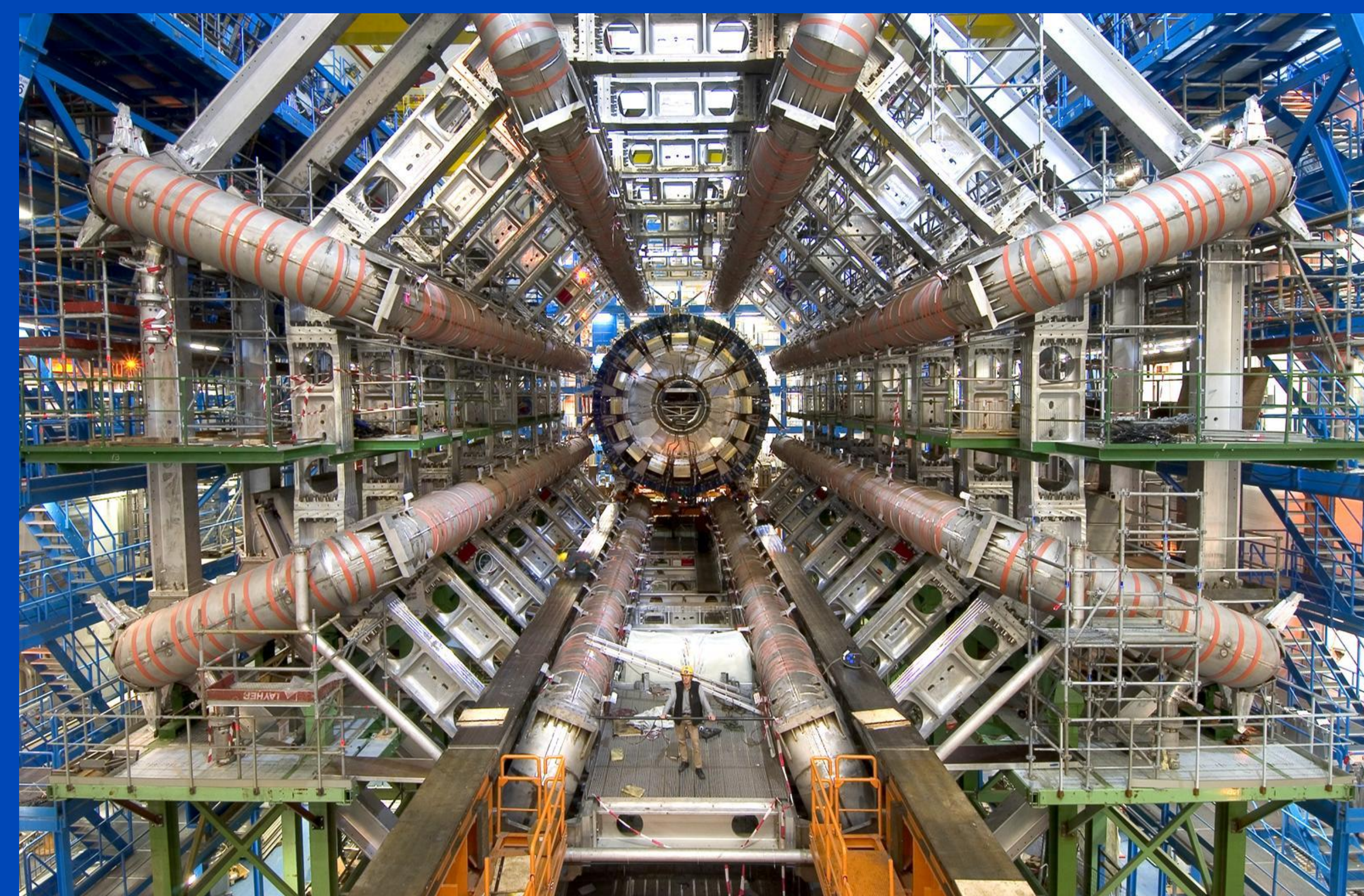
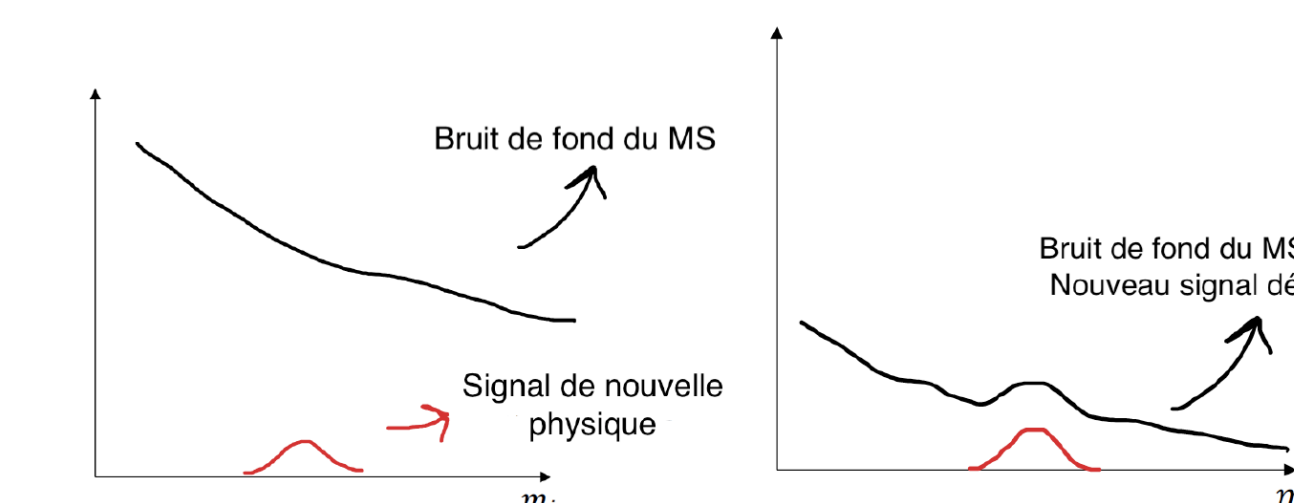


Image of the inside of ATLAS, the detector inside the LHC

### ANALYSIS TECHNIQUE : THE BUMP HUNTER

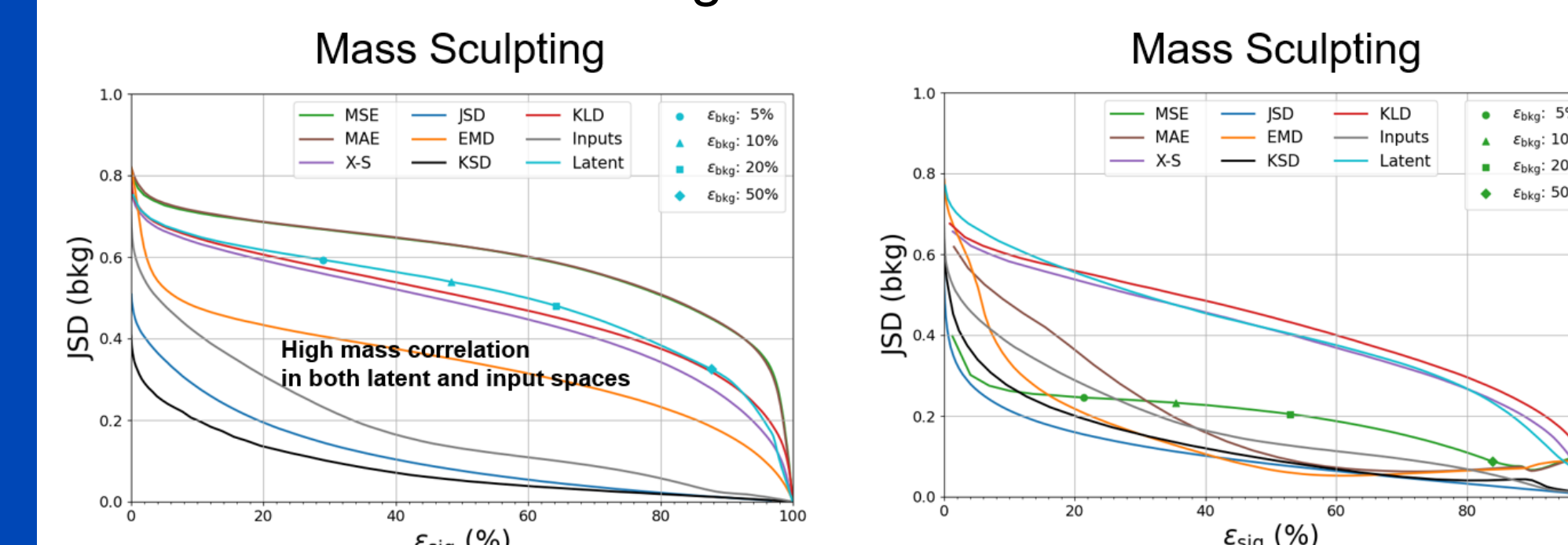
- There are many ways to try to analyze the data coming out of the most anomalous events tagged by the VAE, but we focus on the Bump Hunter
- The SM predicts smooth and decreasing background for known physics
- However, jets issuing from a specific decaying particle will have a mass close to that of the mother particle, causing a **bump** in the mass spectrum
- This analysis supposes the new physics is **resonant**, a rare assumption we make as to what it might look like
- Since we expect new physics to be rare, these small bumps are **invisible** due to the background noise being too high
- We use the VAE to tag anomalous events and reject all other events, in hope that the background diminishes a lot, but the signal remains pretty much untouched – which we refer to as having good **discriminating power**

We see the role the VAE needs to play on the right. We hope to diminish the background enough while maintaining a good proportion of the signal to be able to see a bump peaking at a new particle mass.



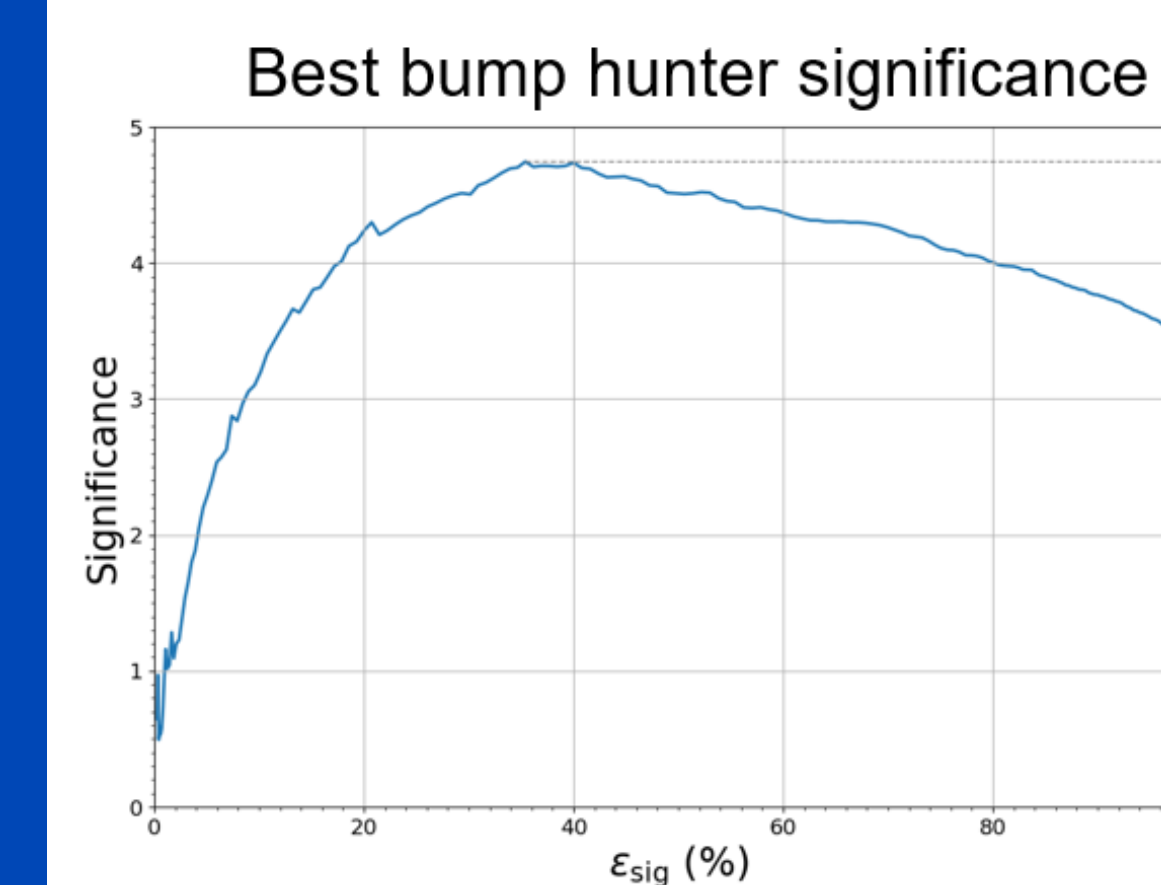
### MASS DECORRELATION AND OUTLIER EXPOSURE

- In order to use a bump hunting technique, the VAE needs to give out an **anomaly score independent from mass**
- Without special care, the VAE has a strong correlation between mass and anomaly score
- Solution : expose the VAE to "outlier" samples which are neither background nor signal and have similar or identical mass shape as the background
- During training, these events are tagged as outliers and the OE-VAE (Outlier Exposure VAE) is asked to reconstruct them as worse as is possible
- The VAE can now no longer rely on mass to suggest an anomaly score and needs to understand the underlying substructure of the background
- There is always a **trade-off between discriminating power and mass decorrelation** – being almost blind to the mass alters the model performance



Left and right plots show the mass sculpting of the VAE and OE-VAE, respectively. The lower the curve, the better the mass correlation is. We however see that the OE-VAE has a worse discriminating power since it has a lower signal efficiency for a fixed background efficiency.

### OE-VAE RESULTS



Our current set up is to use **QCD as background, W boson as outlier and quark top as signal**. This plot shows the statistical significance of the bump seen when evaluating the VAE on QCD and top and performing the Bump Hunter algorithm. Both discriminating performance and mass decorrelation contribute to this significance. By having a well-placed cut on the anomaly score, we are able to boost the significance with respect to having no special treatment by  $1.3\sigma$  (the initial  $3.4\sigma$  is an artifact of us knowing both the signal and background in our set up – which isn't the case in a real-world application). This shows that the **VAE helps to give a better bump significance** and can hopefully be used in real LHC data to isolate an otherwise invisible bump originating from a yet unknown particle.

**AUTHORS** : Jean-François Arguin, Dominique Godin, Julien Leissner-Martin, Hoang-Dai-Nghia Nguyen, Jacinthe Pilette, Johnny Raine\*, Tobias Golling\*, Knut Zoch\*, Debajyoti Sengupta\*, Matthew Leigh\*  
\* Collaborators from Université de Genève





# LES BULLES D'ÉTOILES WOLF-RAYET DANS M33

Selin Tuquet<sup>1,3</sup>, Nicole St-Louis<sup>1,3</sup>, Laurent Drissen<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Département de Physique, Université de Montréal, Campus MIL, 1325 Ave. Thérèse-Lavoie-Roux, Montréal (QC), H2V 0B3, Canada

<sup>2</sup>Département de physique, de génie physique et d'optique, Université Laval, Québec (QC), G1V 0A6, Canada

<sup>3</sup>Centre de recherche en astrophysique du Québec (CRAQ)

## 1. C'est quoi ton sujet de recherche ?

J'étudie les bulles formées par les étoiles Wolf-Rayet dans la galaxie spirale M33, grâce à des données obtenues par l'instrument SITELLE au télescope Canada-France-Hawaii (CFHT), dans le cadre du projet SIGNALS [1]. Étudier la morphologie, les abondances et dynamiques de ces bulles nous renseigne sur les mécanismes de leur formation, l'évolution des étoiles massives, les processus de pertes de masse et les interactions entre les vents stellaires et le milieu interstellaire.

## 2. Mais... c'est quoi une étoile Wolf-Rayet ? Et M33 ?

### • Les étoiles Wolf-Rayet :

- stade avancé de l'évolution des étoiles massives
- spectre caractérisé par d'intenses et larges raies d'émission
- taux de perte de masse élevé créant une nébuleuse dense autour de l'étoile, semblable à une bulle

### • M33 :

- galaxie spirale de faible masse, voisine de la Voie Lactée
- relativement proche et vue de face : une cible facile à étudier
- on a une liste exhaustive des étoiles Wolf-Rayet dans M33 [2] : on peut faire des statistiques sur l'ensemble de la population.

## 4. Comment tu reconnais une bulle ?

• **Est-ce qu'il y a une nébuleuse centrée autour de l'étoile ?** On utilise les images en  $H\alpha$  et en  $[OIII] \lambda 5007$  : les nébuleuses y ressortent principalement.

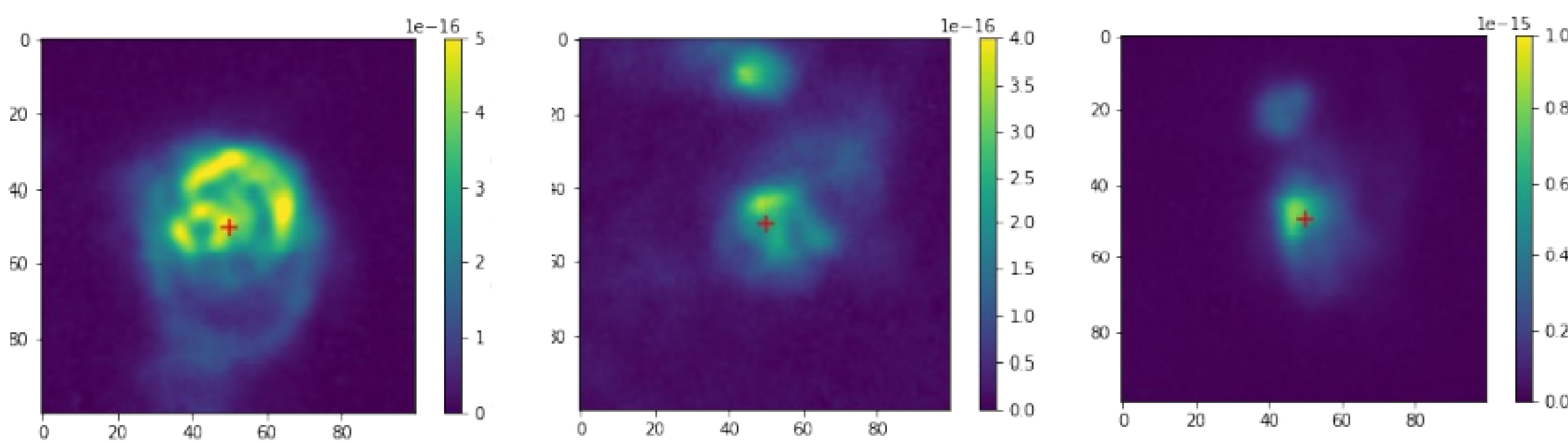


Figure 2. Région de 50x50 pixels autour de 3 étoiles Wolf-Rayet avec bulle en  $[OIII] \lambda 5007$

• **Est-ce que la WR est la seule étoile chaude en position centrale ?** Comparer les images du télescope spatial Hubble avec les filtres F475W et F814W m'a permis d'isoler dans un même voisinage les étoiles les plus chaudes, qui sont plus brillantes sur les images avec F475W, de celles plus froides.

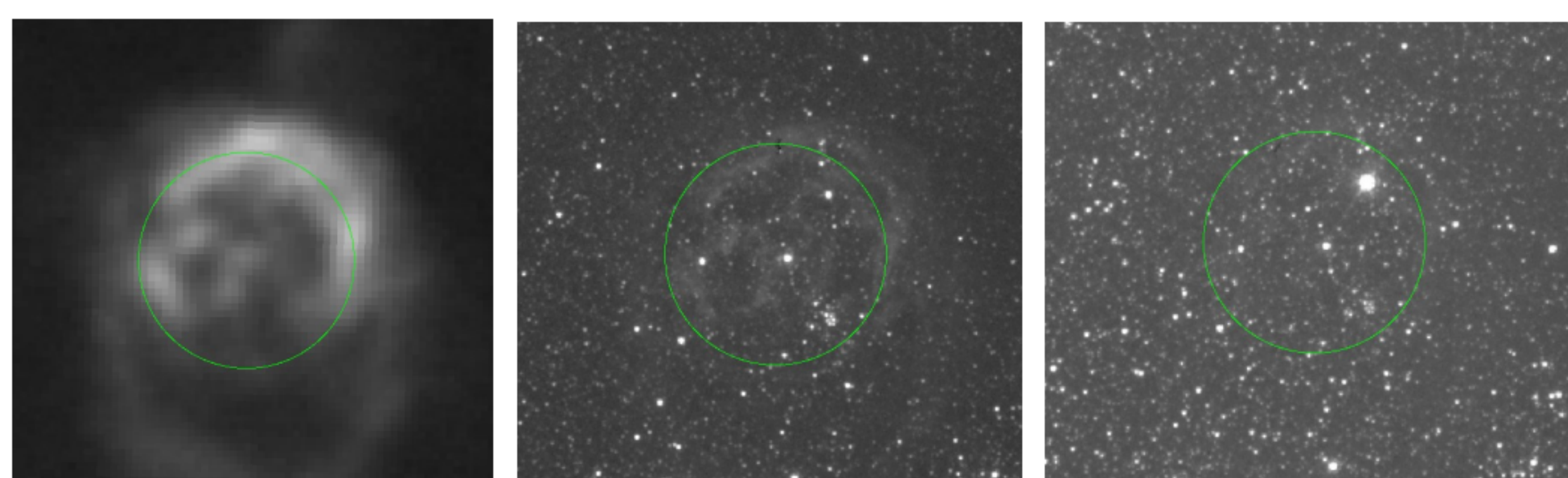


Figure 3. Image en  $H\alpha$  (SITELE), F475W (HST) et F814W (HST) de J013327.76+303150.9, à gauche de la Figure 2.

• **Est-ce que la WR est une des sources principales d'ionisation ?** Sur les cartes de rapport  $[OIII]/[OII]$ , on a un clair contraste entre le milieu environnant et la région autour de la WR, où le rapport est plus grand.

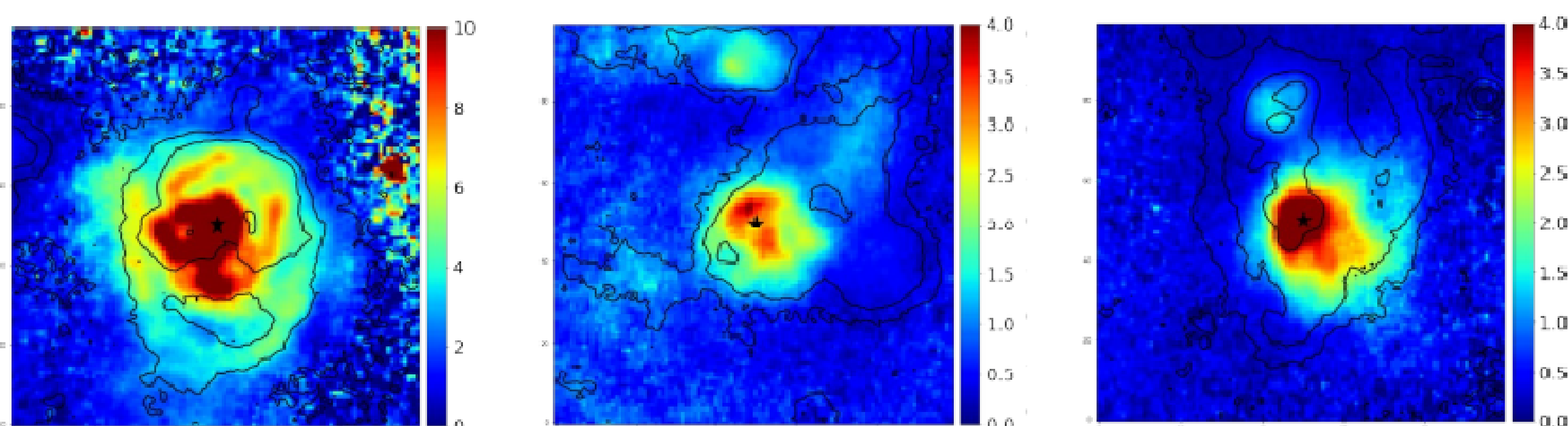


Figure 4. Région de 50x50 pixels autour des WR de la Figure 2 en  $[OIII] \lambda 5007 / [OII] \lambda 3727$

En général, dès que plusieurs de ces critères semblent validés, je considère que la bulle observée est bel et bien une bulle de Wolf-Rayet.

## References

- [1] L. Rousseau-Nepton, R. Martin, C. Robert, *et al.* *MNRAS*, vol. 489, no. 4, pp. 5530–5546, 2019.  
 [2] K. F. Neugent and P. Massey *ApJ*, vol. 733, no. 2, p. 123, 2011.  
 [3] L. Drissen, T. Martin, L. Rousseau-Nepton, *et al.* *MNRAS*, vol. 485, no. 3, pp. 3930–3946, 2019.

## 3. Tu regardes quoi pour étudier ça ?

J'utilise les images obtenues avec le spectromètre imageur SITELLE [3], au CFHT, dans trois domaines spectraux (voir Tableau 1). J'ai aussi utilisé des images du télescope spatial Hubble, en particulier de l'instrument ACS/WFC, avec les filtres F475W et F814W.

Filtre	Champ	Raies	Rés.	Temps d'exp.
SN1	363 - 386	$[OII] \lambda 3727$	1000	3h
SN2	482 - 513	$H\beta$ , $[OIII] \lambda 4959, 5007$	1000	3h
SN3	647 - 685	$H\alpha$ , $[NII] \lambda 6548, 84$ , $[SII] \lambda 6717, 31$	3k-5k	4h

Tableau 1. Paramètres d'observation pour SIGNALS [1]

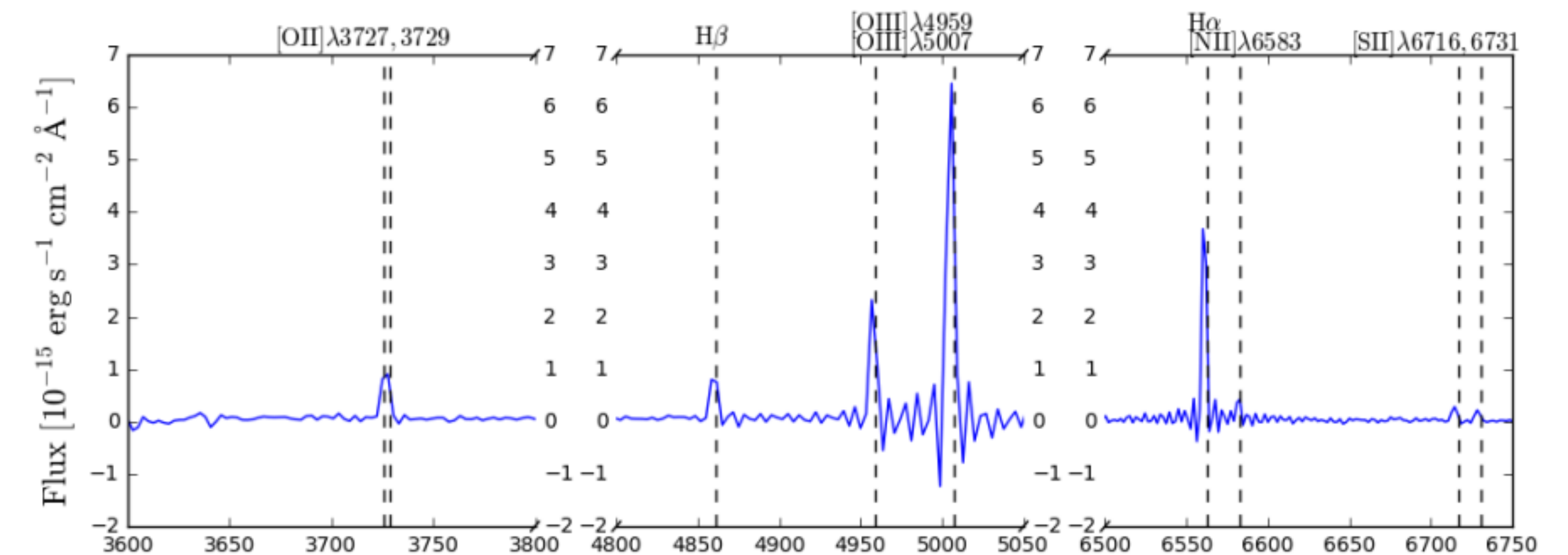


Figure 1. Spectre intégré d'une région autour de J013327.76+303150.9 (à gauche de la Figure 2) obtenue avec SITELLE

## 5. Et puis, ça donne quoi comme résultat ?

Les champs étudiés par SITELLE m'ont permis d'avoir accès aux images de 170 étoiles Wolf-Rayet sur les 211 connues dans M33. Parmi celles-ci, j'ai observé une bulle de Wolf-Rayet autour de 41 d'entre elles, dont plusieurs sont inédites.

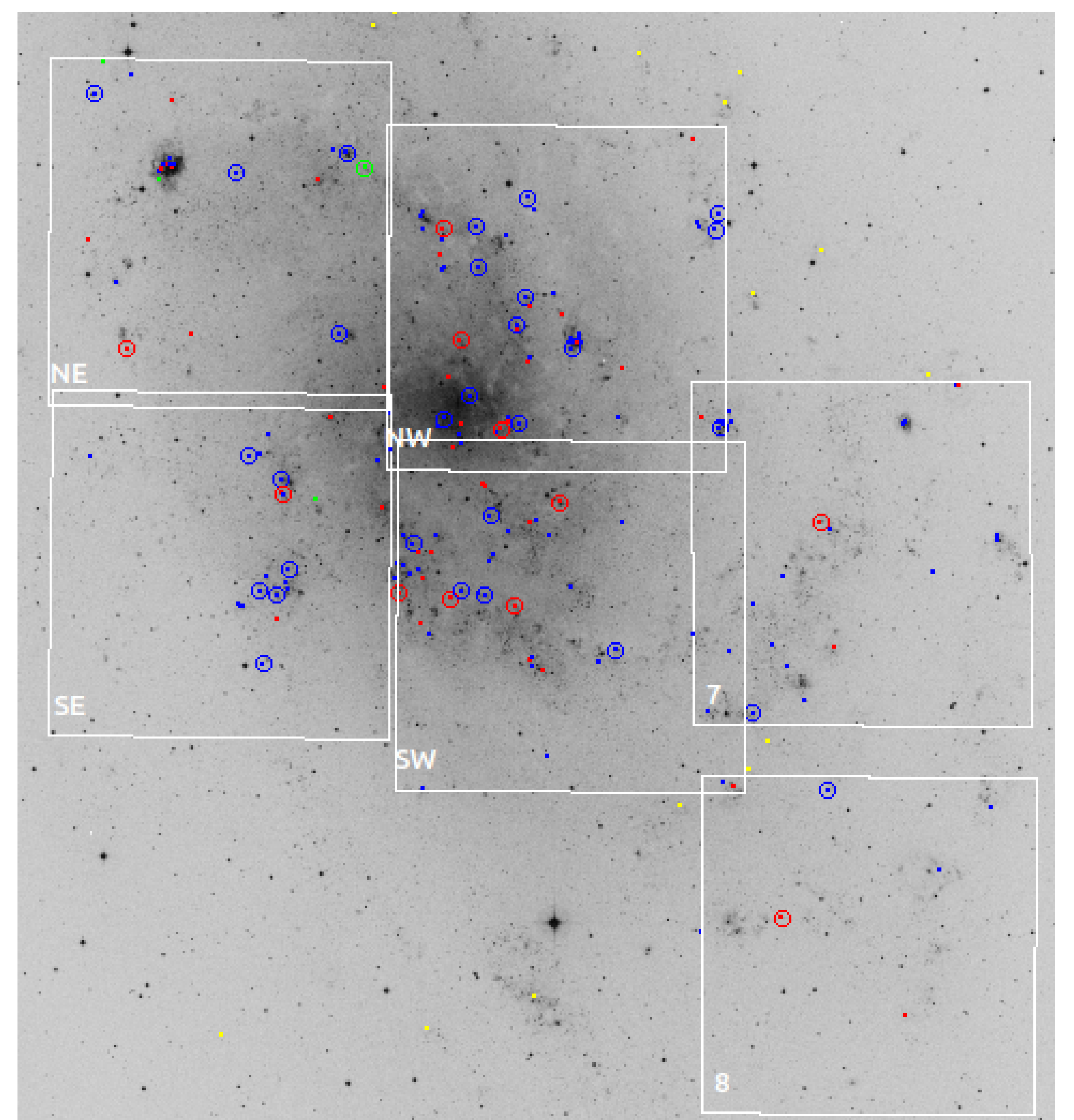


Figure 5. Les contours des 6 champs observés avec SITELLE sont indiqués en blanc. Les étoiles WN (riches en azote) sont en bleus et les WC (en carbone) en rouge. Les étoiles en dehors des champs sont en jaune et celles qui ont été confirmées WR plus tard [2] en vert. Les étoiles avec bulle sont entourées par un cercle de leur couleur.

Mon travail me permettra d'établir des statistiques concernant la présence des bulles, leurs caractéristiques ainsi que celles de leurs étoiles progénitrices, afin de mieux comprendre l'évolution de celles-ci.



# Calcul dosimétrique en curiethérapie par particules alpha

## Modélisation numérique appliquée en physique médicale

ÉTUDIANT / PRÉSENTATEUR : Patrick Chevé

DIRECTEUR: Jean-François Carrier

CODIRECTEURS: Yuji Kamio, Paul Charbonneau

### CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

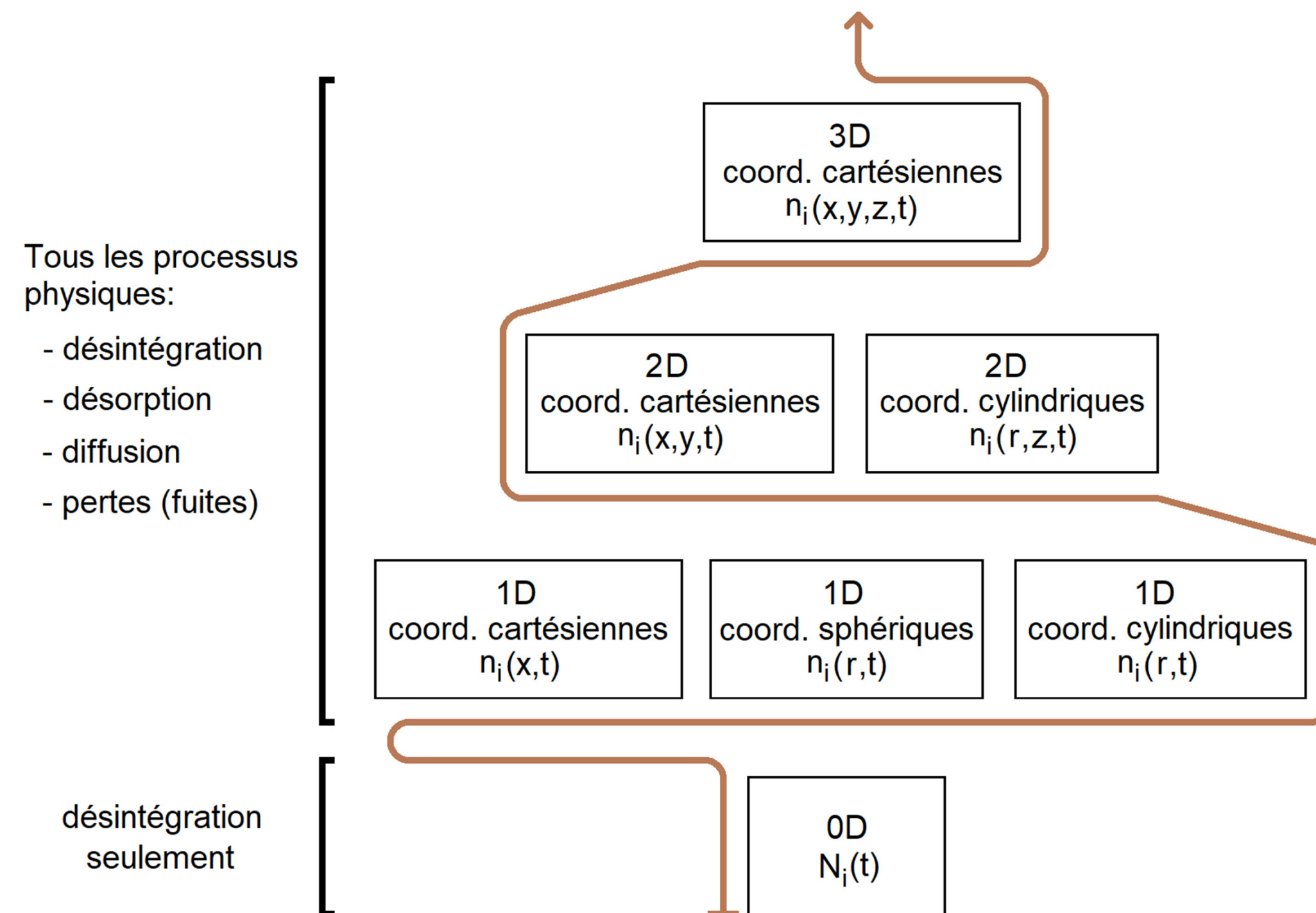
Une nouvelle méthode de traitement en curiethérapie a récemment été commercialisée. Dans cette méthode, appelée "DaRT" pour "Diffusing alpha-emitters Radiation Therapy", des fins grains cylindriques avec du radium-224 fixé à leur surface sont insérés dans la tumeur à traiter. Une fraction des radionucléides issus de la chaîne de désintégration du radium-224 sont libérés du grain. Certains d'entre eux (i.e. radon-220, plomb-212, bismuth-212) se diffusent dans la tumeur tandis que la désintégration se poursuit. Cette diffusion contribue à éloigner du grain les radionucléides qui se désintègrent en émettant des particules alpha létales aux cellules cancéreuses.

Les outils de simulation Monte-Carlo utilisés en curiethérapie conventionnelle ne tiennent pas compte de la diffusion des émetteurs et sont de ce fait inaptes à calculer correctement la distribution spatiale de la dose déposée par les particules alpha dans le contexte de la méthode DaRT.

Ce projet de recherche consiste donc à développer un modèle numérique simulant à la fois les processus de désintégration et de diffusion des radionucléides libérés par des "grains sources" de radium-224. Ce modèle se base sur le "diffusion-leakage model" proposé par Arazi (2020). Les distributions de radionucléides obtenues par les simulations numériques sont finalement utilisées pour le calcul de la "dose alpha" déposée dans les tissus.

### MÉTHODOLOGIE

Modèles numériques d'une complexité croissante:



### RÉSULTATS

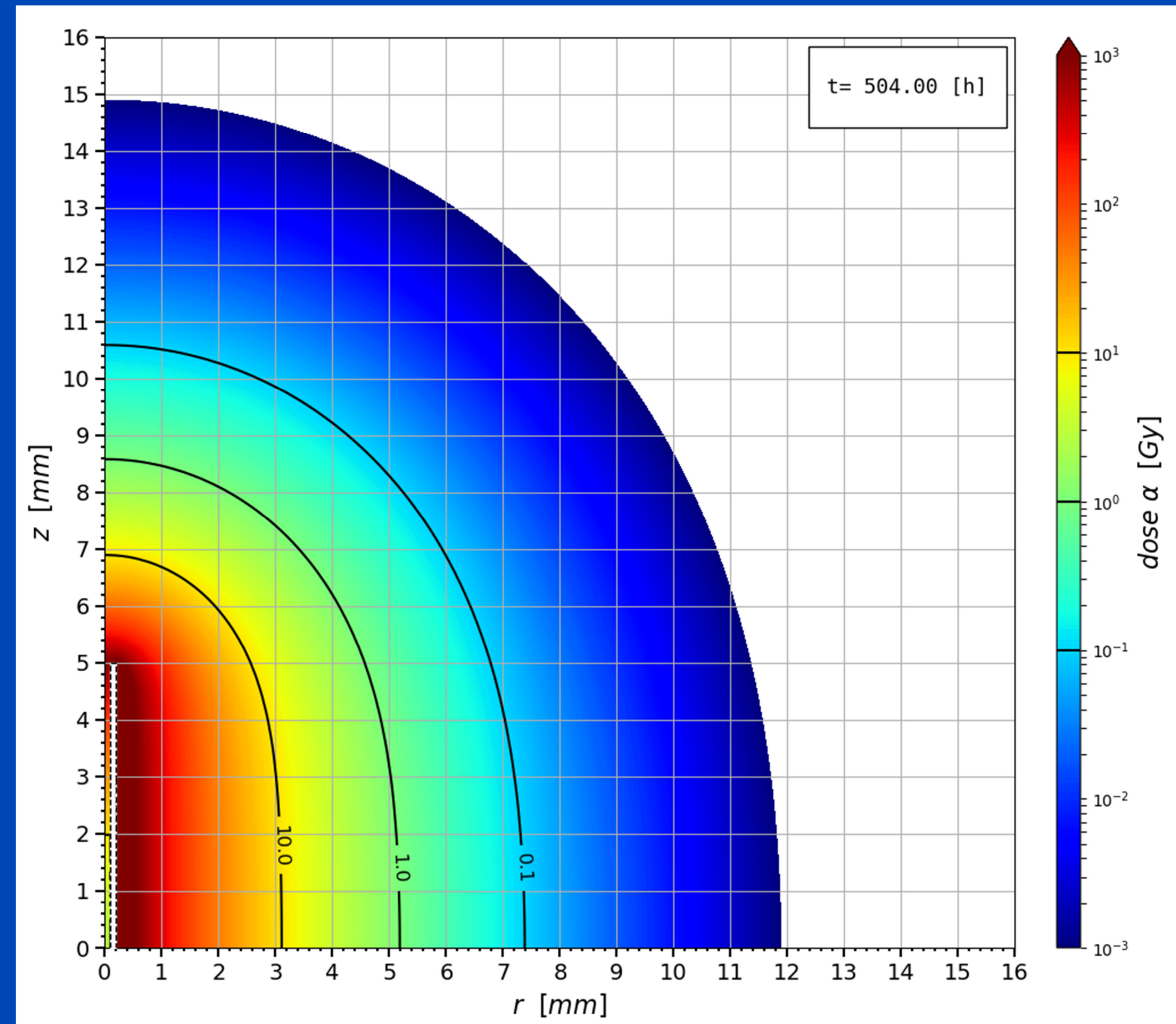


Figure 1: Distribution spatiale 2D (r,z) de la dose alpha en Gy, 504 h (21 jours) après l'implantation d'un grain DaRT d'une longueur de 10 mm, d'un diamètre de 0.4 mm et d'une activité initiale de 2 µCi.

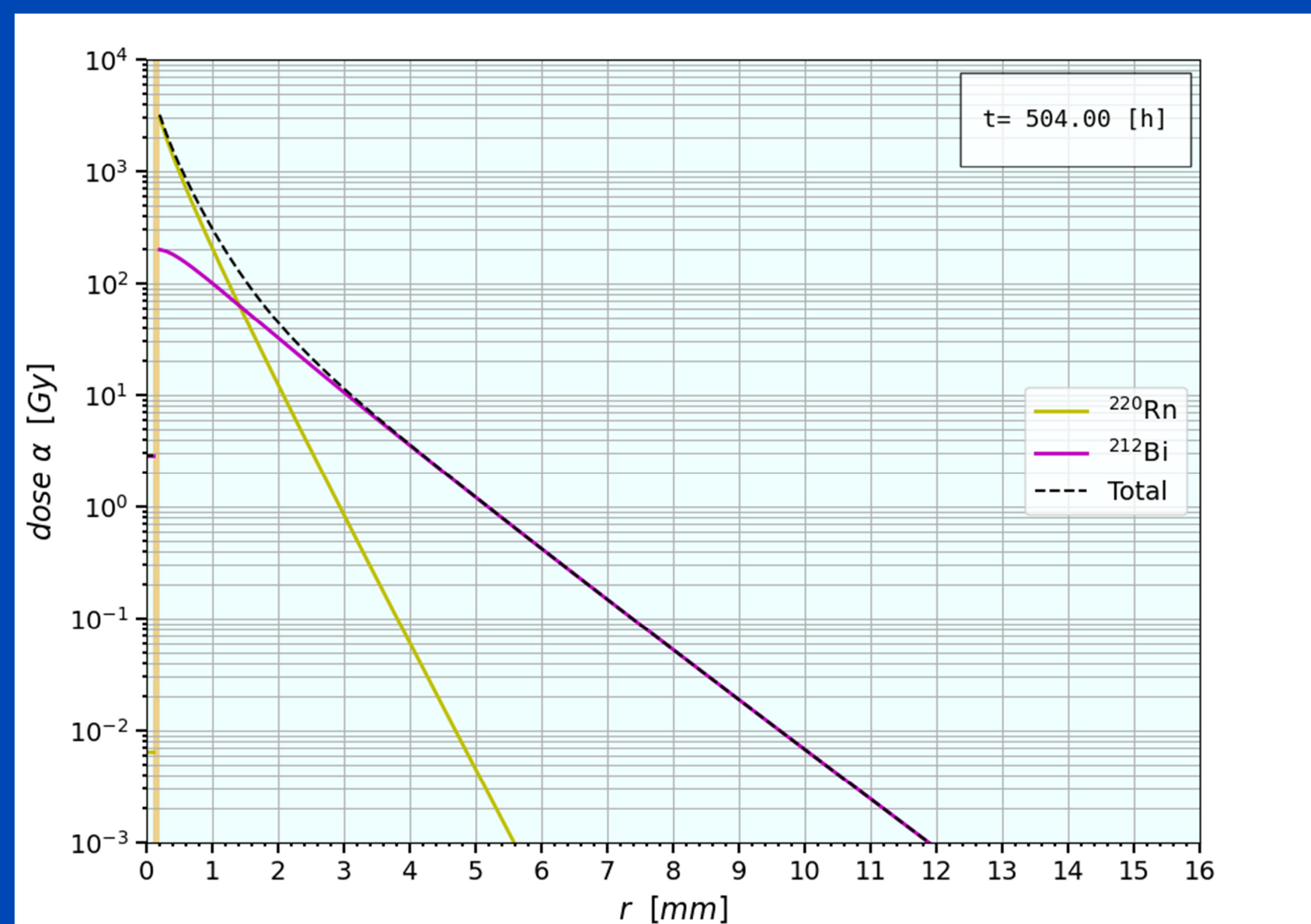


Figure 2: Distribution spatiale 1D (r, z=0) de la dose alpha en Gy, dans les mêmes conditions qu'à la figure (1). La dose totale est présentée en tirets noirs et ses constituants sont présentés en traits colorés.

### CADRE CONCEPTUEL

Processus physiques (4):

- Désintégration:
  - Selon la chaîne de désintégration du radium-224.
- Désorption:
  - $P_{des,Rn-220} = 0.40 \pm 0.04$
  - $P_{des,Pb-212} = 0.55 \pm 0.05$
- Diffusion:
  - $D_{eff,Rn-220} = (0.5 \text{ à } 2.0) \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
  - $D_{eff,Pb-212} = (0.2 \text{ à } 4.0) \times 10^{-7} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
  - $D_{eff,Bi-212} = (0.02 \text{ à } 1.2) \times 10^{-7} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
- Pertes (fuites vasculaires):
  - $\alpha_{leak,Pb-212} = (0.5 \text{ à } 2.0) \times \lambda_{Pb-212}$

Modèle mathématique:

- Arazi (2020), « diffusion-leakage model » :

$$\frac{\partial n_{Rn}}{\partial t} = D_{Rn} \nabla^2 n_{Rn} + s_{Rn} - \lambda_{Rn} n_{Rn}$$

$$\frac{\partial n_{Pb}}{\partial t} = D_{Pb} \nabla^2 n_{Pb} + s_{Pb} - \lambda_{Pb} n_{Pb} - \alpha_{Pb} n_{Pb}$$

$$\frac{\partial n_{Bi}}{\partial t} = D_{Bi} \nabla^2 n_{Bi} + s_{Bi} - \lambda_{Bi} n_{Bi}$$

Calcul de la dose:

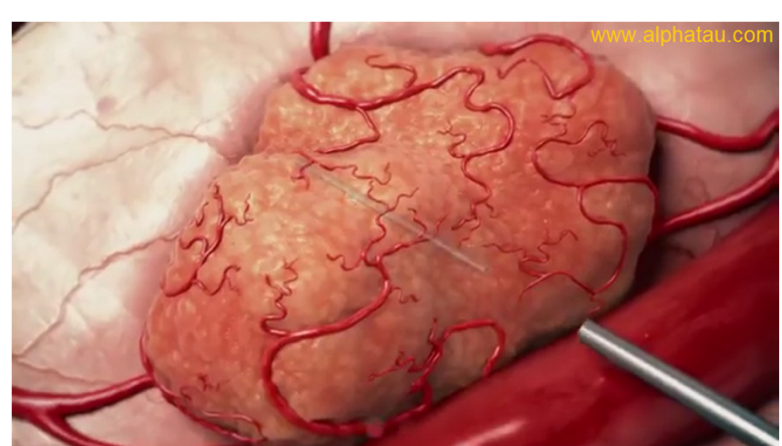
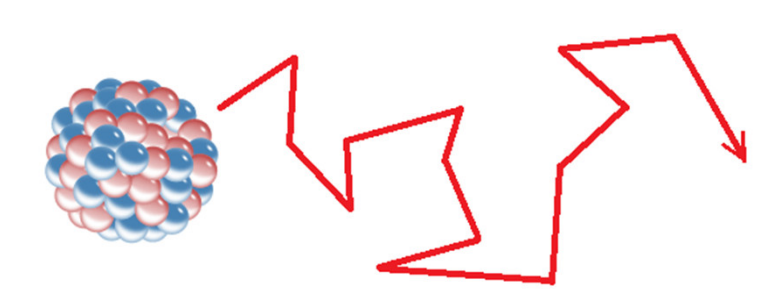
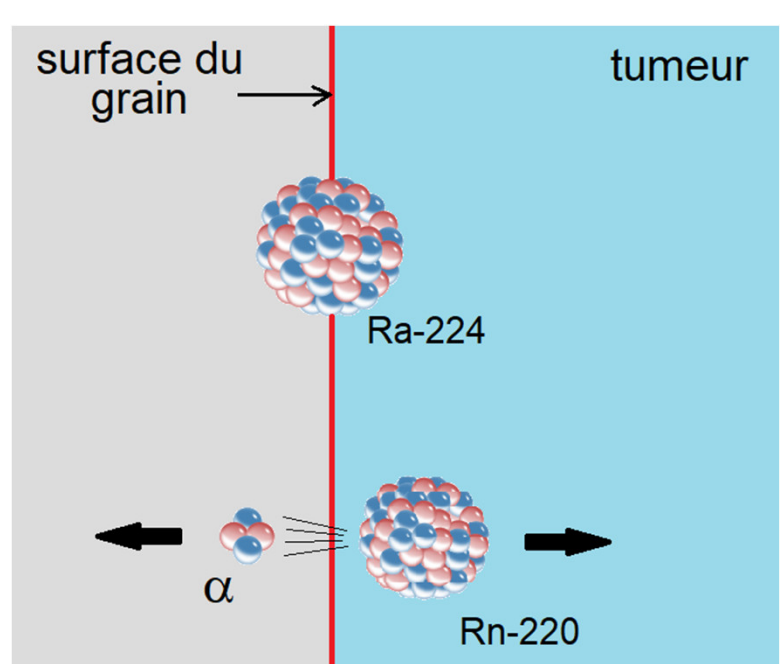
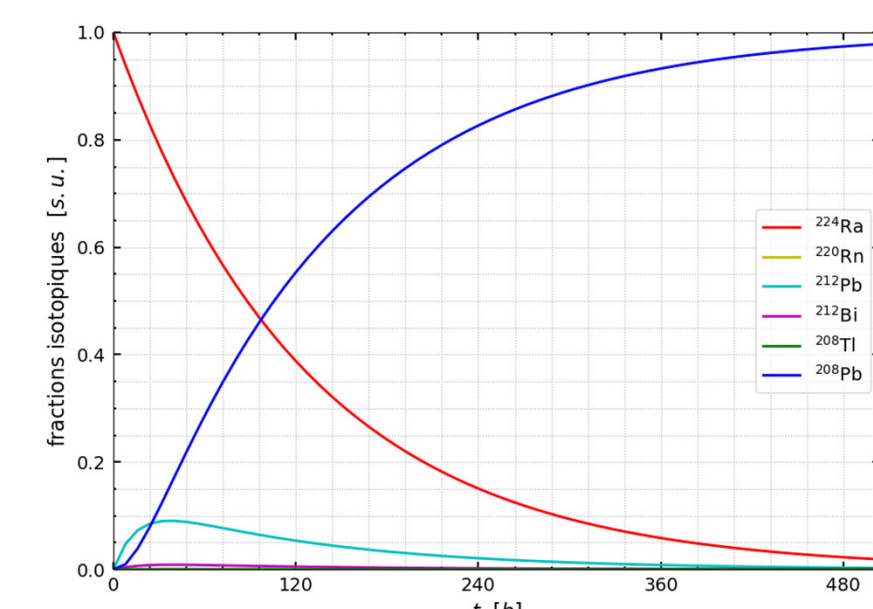
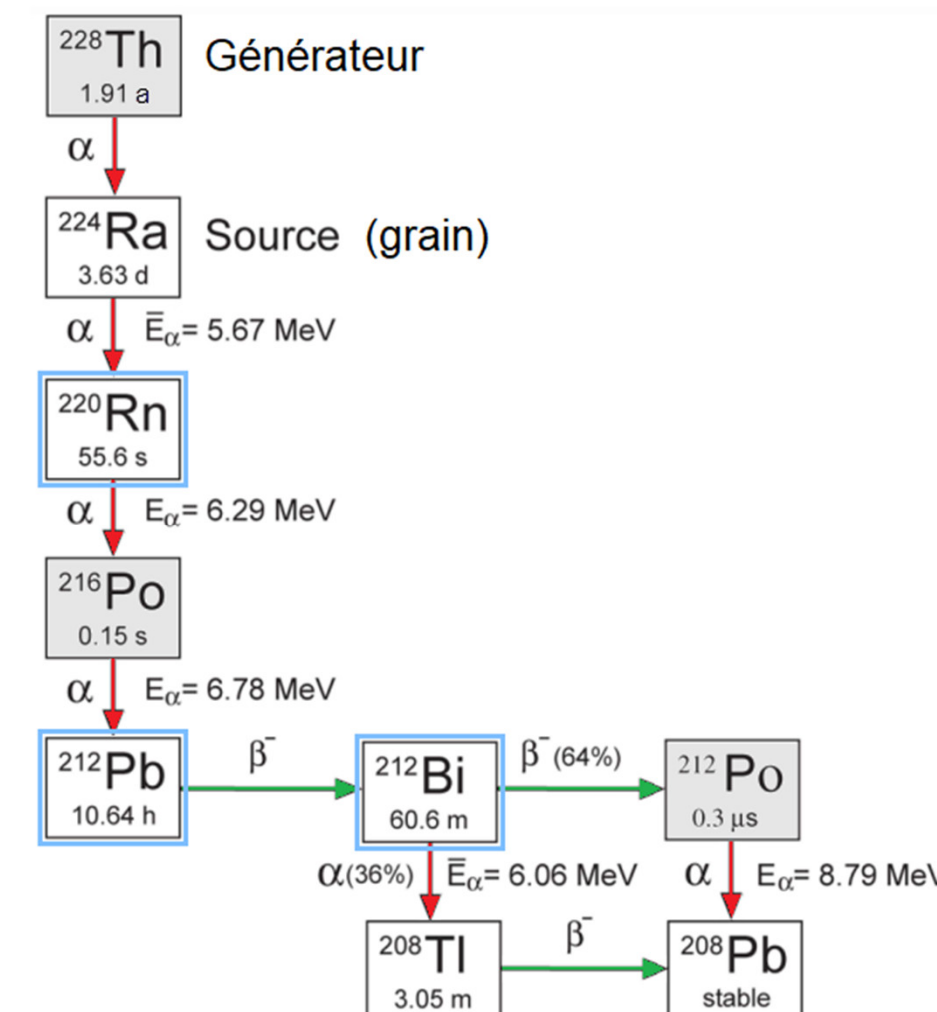
- Hypothèse de dépôt local de l'énergie des particules alpha.

### DISCUSSION

- Dose de 10 Gy : à  $r \approx 3.1 \text{ mm}$ .
- Variation de la dose
  - Pour une dose < 10 Gy, la dose diminue d'un ordre de grandeur par  $\sim 2.2 \text{ mm}$ .
- Effet directionnel.
- Incertitudes sur la pos. de la courbe de 10 Gy :
  - Erreurs numériques → de l'ordre de 0.1 mm.
  - Incertitudes des valeurs des paramètres physiques → de l'ordre de 1 mm.

### RÉFÉRENCES

- Arazi, L. (2020). Diffusing alpha-emitters radiation therapy: approximate modeling of the macroscopic alpha particle dose of a point source. *Phys. Med. Biol.*, 65(1), 015-015. <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ab5b73>
- Charbonneau, P. (2021, janvier). PHY3075 Modélisation numérique en physique, [notes de cours]. Département de physique, Université de Montréal.
- Tannehill, C., Anderson, D. A. et Pletcher, R. H. (1997). *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer* (2e éd.). Taylor et Francis.





# Electron Identification in the ATLAS Experiment with Convolutional Neural Networks



Jean-François Arguin\*, Bruna Pascual Dias\*, Olivier Denis\*,  
Dominique Godin\*, Kazuya Mochizuki\*, Nghia H.D. Nguyen\*  
\*University of Montreal



## Standard Model (SM)

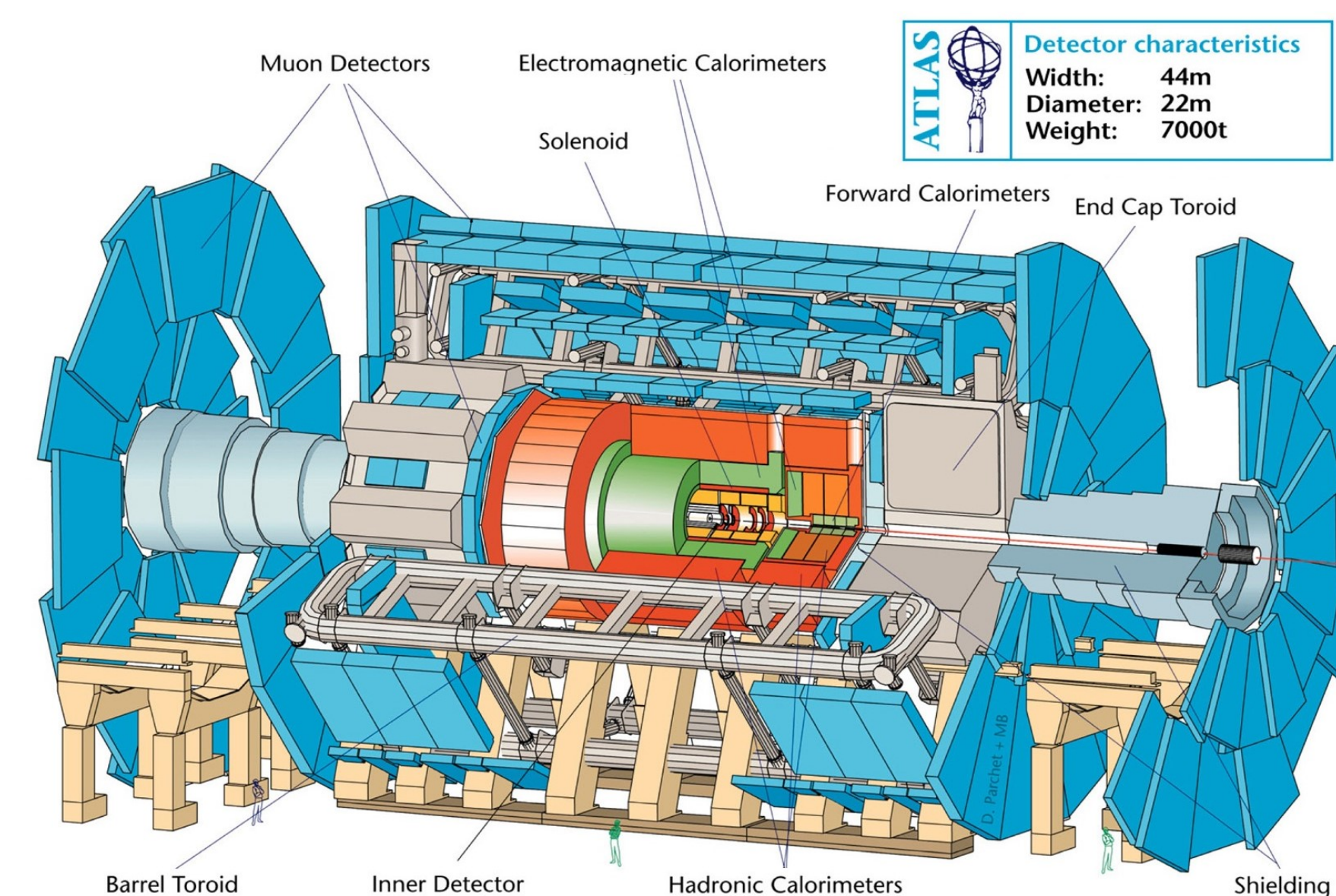
### Standard Model of Elementary Particles

	three generations of matter (elementary fermions)			three generations of antimatter (elementary antifermions)			interactions / force carriers (elementary bosons)			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
QUARKS	u up	c charm	t top	$\bar{u}$ antiup	$\bar{c}$ anticharm	$\bar{t}$ antitop	g gluon	H higgs		
	d down	s strange	b bottom	$\bar{d}$ antidown	$\bar{s}$ antistrange	$\bar{b}$ antibottom	$\gamma$ photon	Z <sup>0</sup> boson		
	e electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau	e <sup>+</sup> positron	$\bar{\mu}$ antimuon	$\bar{\tau}$ antitau	W <sup>+</sup> boson	W <sup>-</sup> boson		
	$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino	$\bar{\nu}_e$ electron antineutrino	$\bar{\nu}_\mu$ muon antineutrino	$\bar{\nu}_\tau$ tau antineutrino	Gauge bosons (vector bosons)			
							Scalar bosons			

- Description of the **elementary particles** that constitute matter and their interaction via 3 out of the 4 fundamental forces of our universe
- In the first column, the **up** and **down** quarks assemble to make neutrons and protons and with the **electrons**, form all of regular matter
- When two particles interact through one of the three forces, they exchange the corresponding **force-carrying gauge boson**
- The **Higgs boson**, discovered by ATLAS and CMS in 2012, is an excitation of the Higgs field, which is the source of the mass of all the other particles
- The SM is one of the most robust **theory of the microscopic world**, but there are still many questions to be answered:
  - Can general relativity and the SM be reconciled in a mathematically consistent way? If so, does the "graviton", the theoretical force-carrier of gravity, exist?
  - Why is there more matter than antimatter?
  - What is Dark matter?

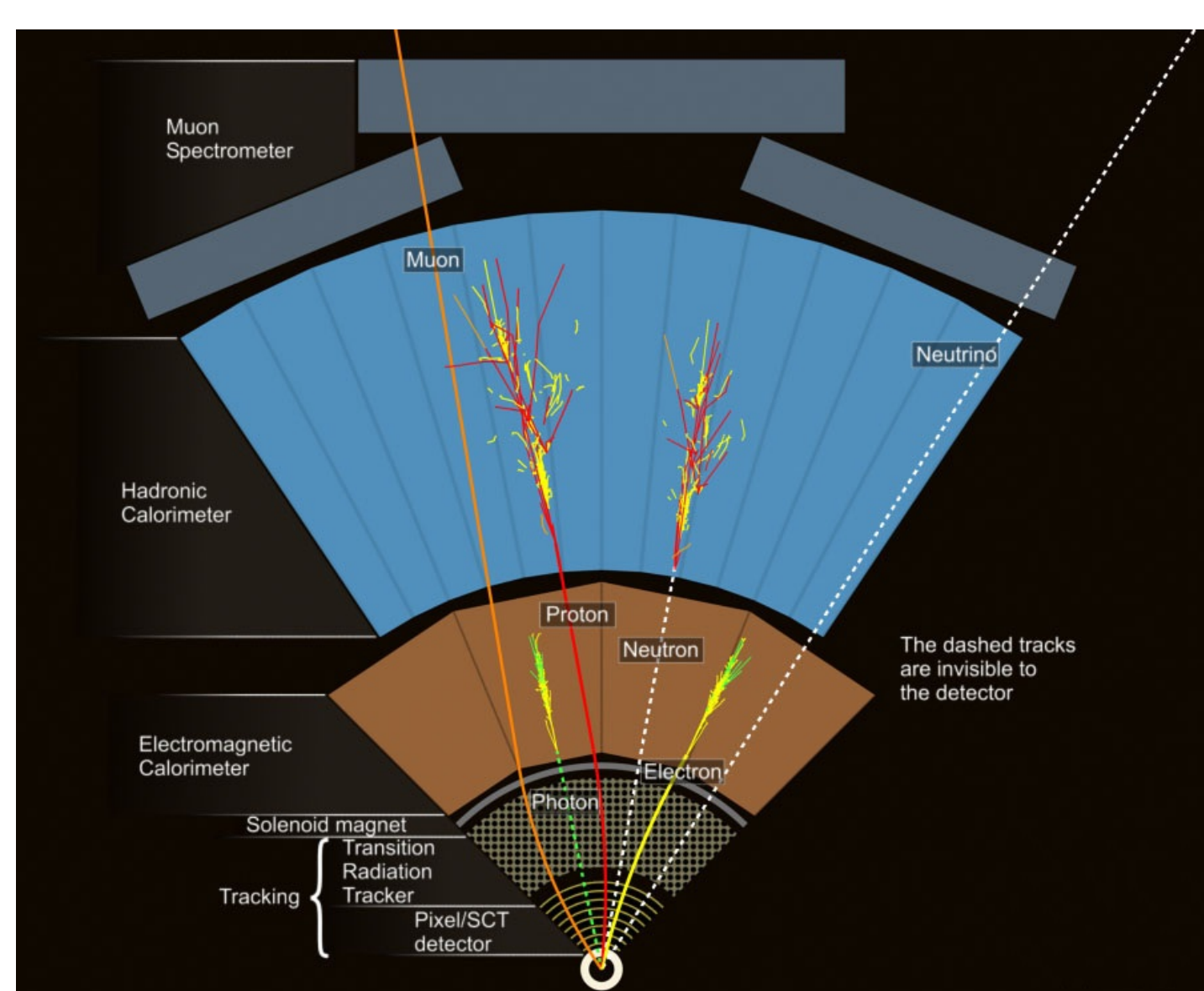
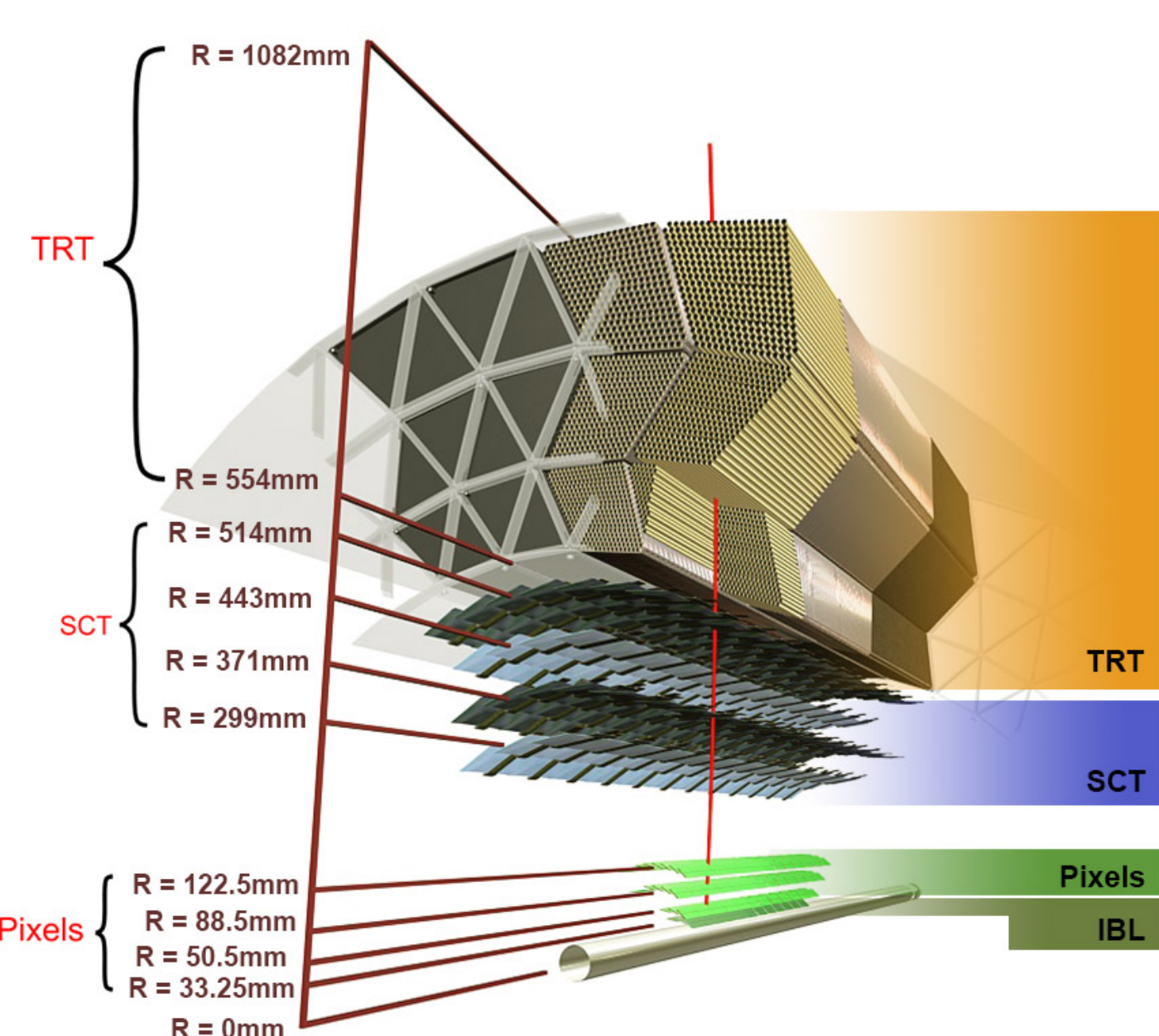
## ATLAS Detector

- The largest particle detector at the **Large Hadron Collider (LHC)**
- Beams of protons** travelling at up to 99.999999% the speed of light collide in the detector and produce new particles in all directions
- Over a **billion interactions** take place in the detector every second
- The detector **records trajectory, momentum, and energy of particles**, allowing them to be individually identified and measured



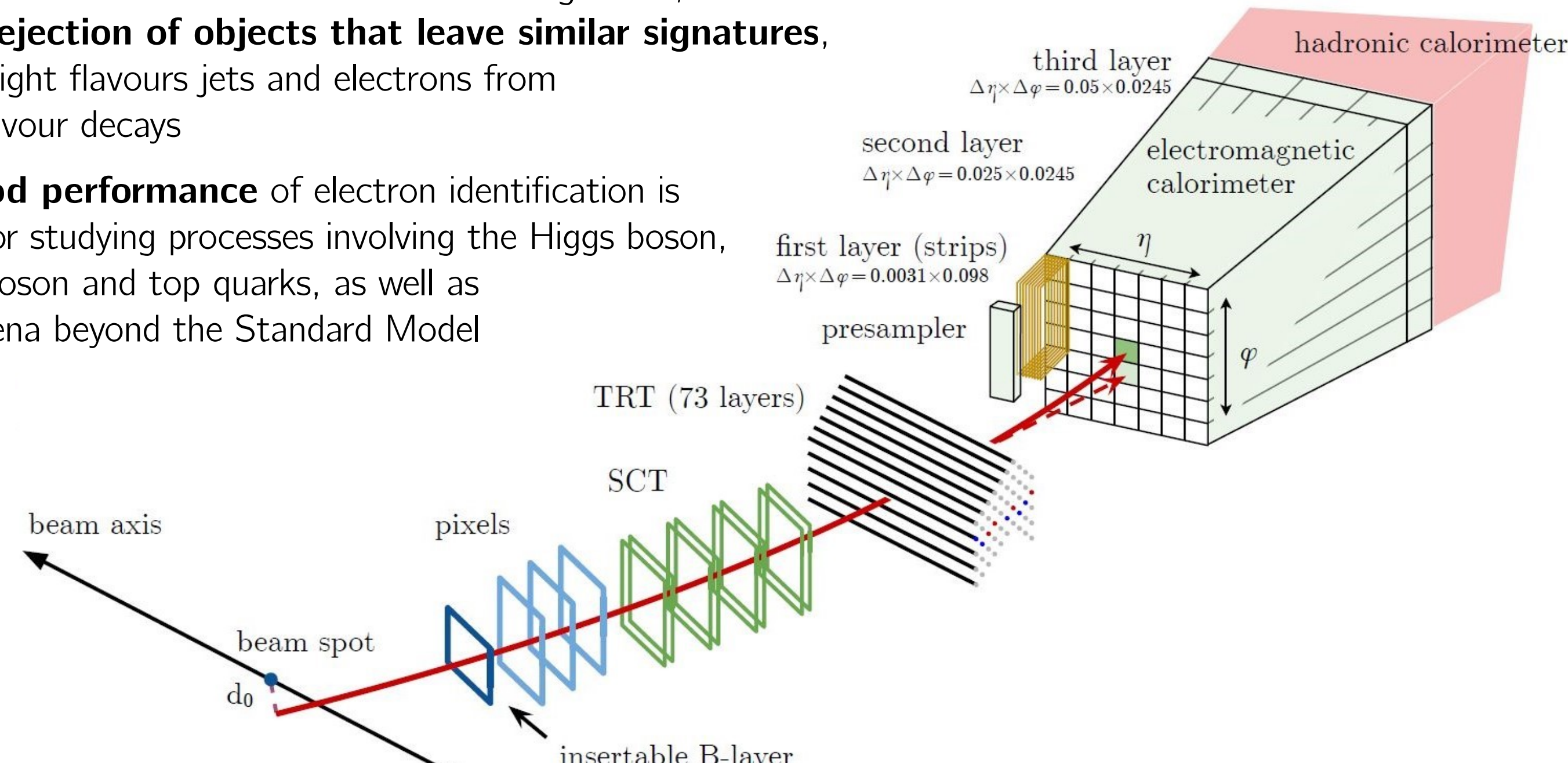
## Particles Reconstruction

- Particles produced after the collision leave **different signatures at each layer** of the detector
- The **inner detector** registers the path of charged particles and measures its transverse momentum
- The **calorimeters** measure the particle energy after its decay into a shower
- The combination of these signatures allows for the **reconstruction and identification of particles**.



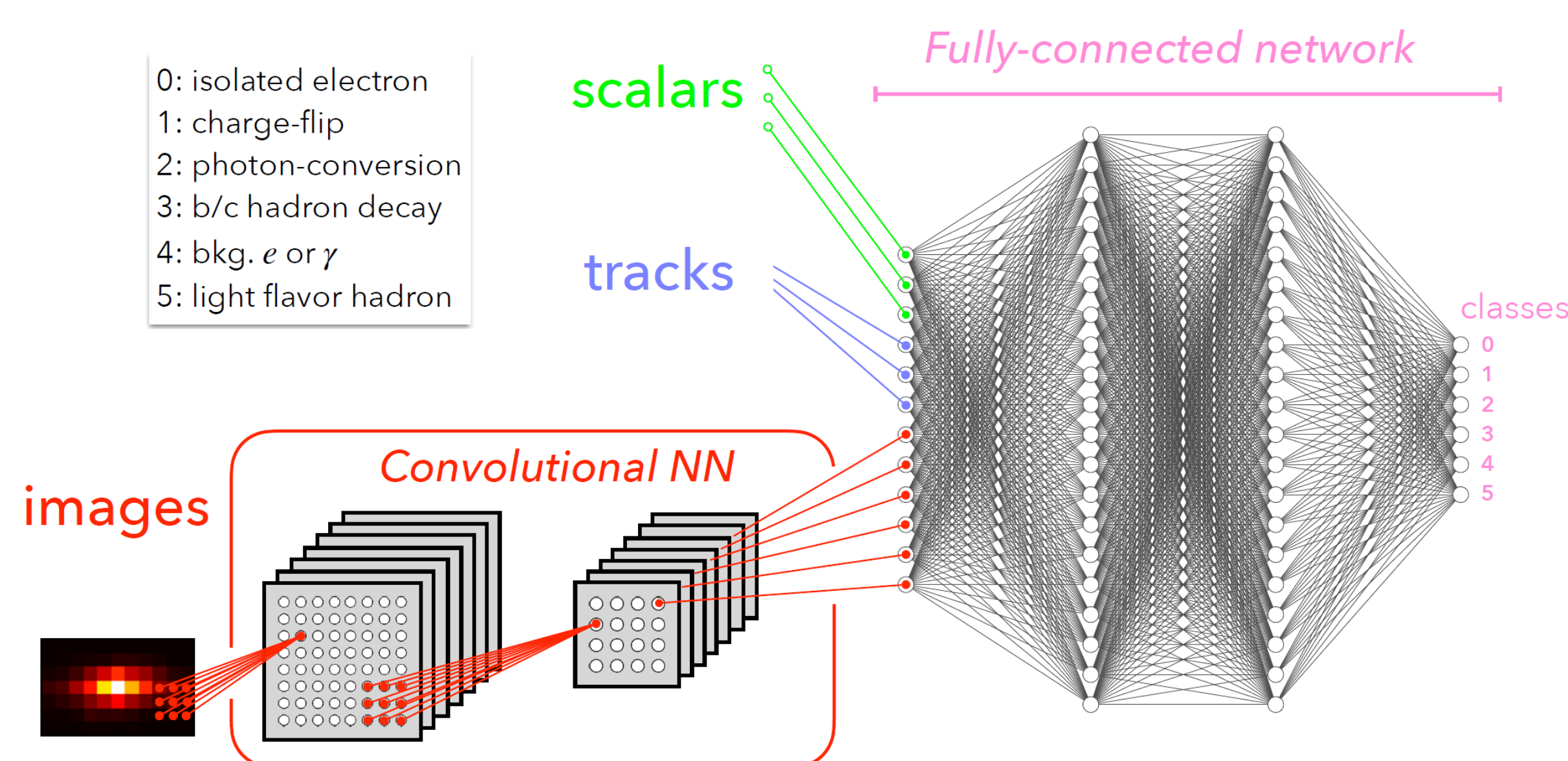
## Electron Identification

- Electron candidates are obtained by the combination of a **track in the inner detector** with a **cluster of energy in the calorimeters**
- A number of variables is defined from their signature, which allow for the **rejection of objects that leave similar signatures**, such as light flavour jets and electrons from heavy flavour decays
- The **good performance** of electron identification is crucial for studying processes involving the Higgs boson, the W boson and top quarks, as well as phenomena beyond the Standard Model



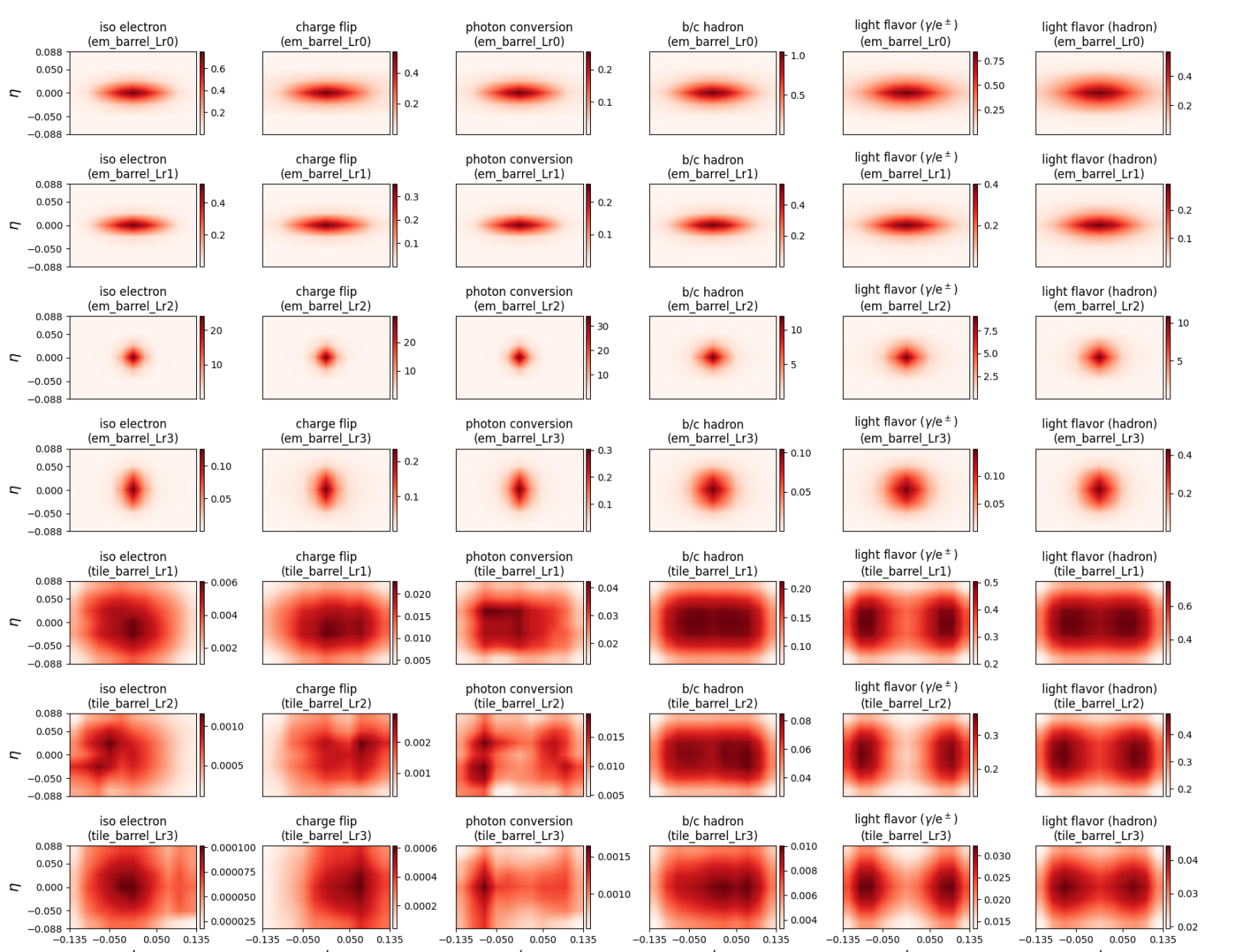
## Convolutional Neural Network

- Artificial intelligence** algorithms are great at extracting subtle features from high-dimensional data
- Convolutional neural networks (CNNs) is a technique that is specialized in **processing image-like inputs**
- They can allow for the integration of the **calorimeter layers into the identification process** by treating each one of them as images.
- The classification task consists in the determination of a label from a set of detector variables and calorimeter images
- The labels correspond to the **signal electrons and 5 types of backgrounds**
- The calorimeter images are passed through a CNN. Then, its output is combined with the other discriminating variables coming from the detector and passed through a deep neural network that will have as output one of the 6 classes.
- The **multi-class classifier will benefit analyses** such as  $t\bar{t}H$ , which specifically suffers from photon conversion background.



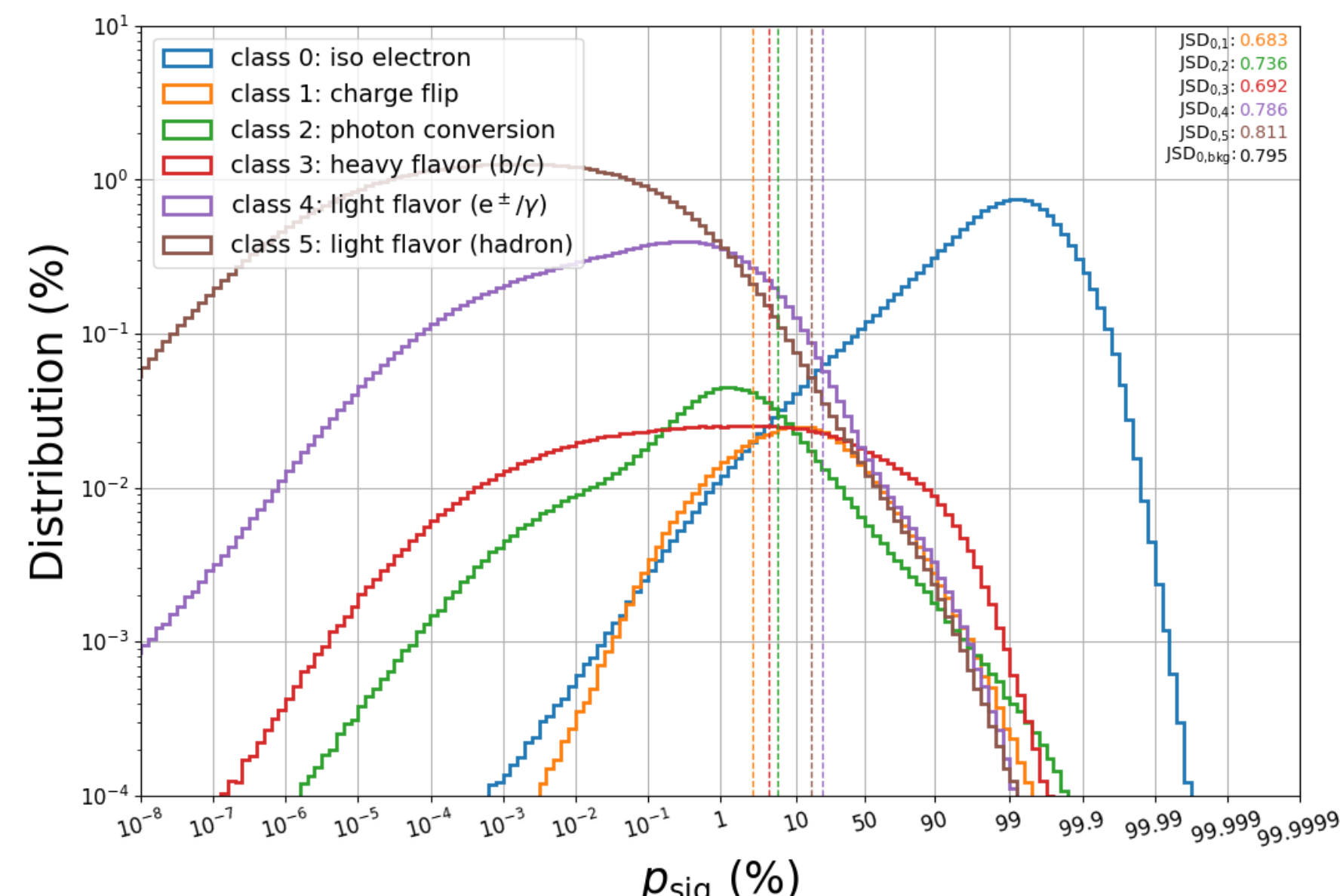
## Calorimeter Images

- Five types of background are of interest in ATLAS, each of which has **specific energy deposits** that neural networks learn to recognize
- Images from all **seven calorimeter layers** are used to form as many channels (in a way similar to RGB channels for colored images)



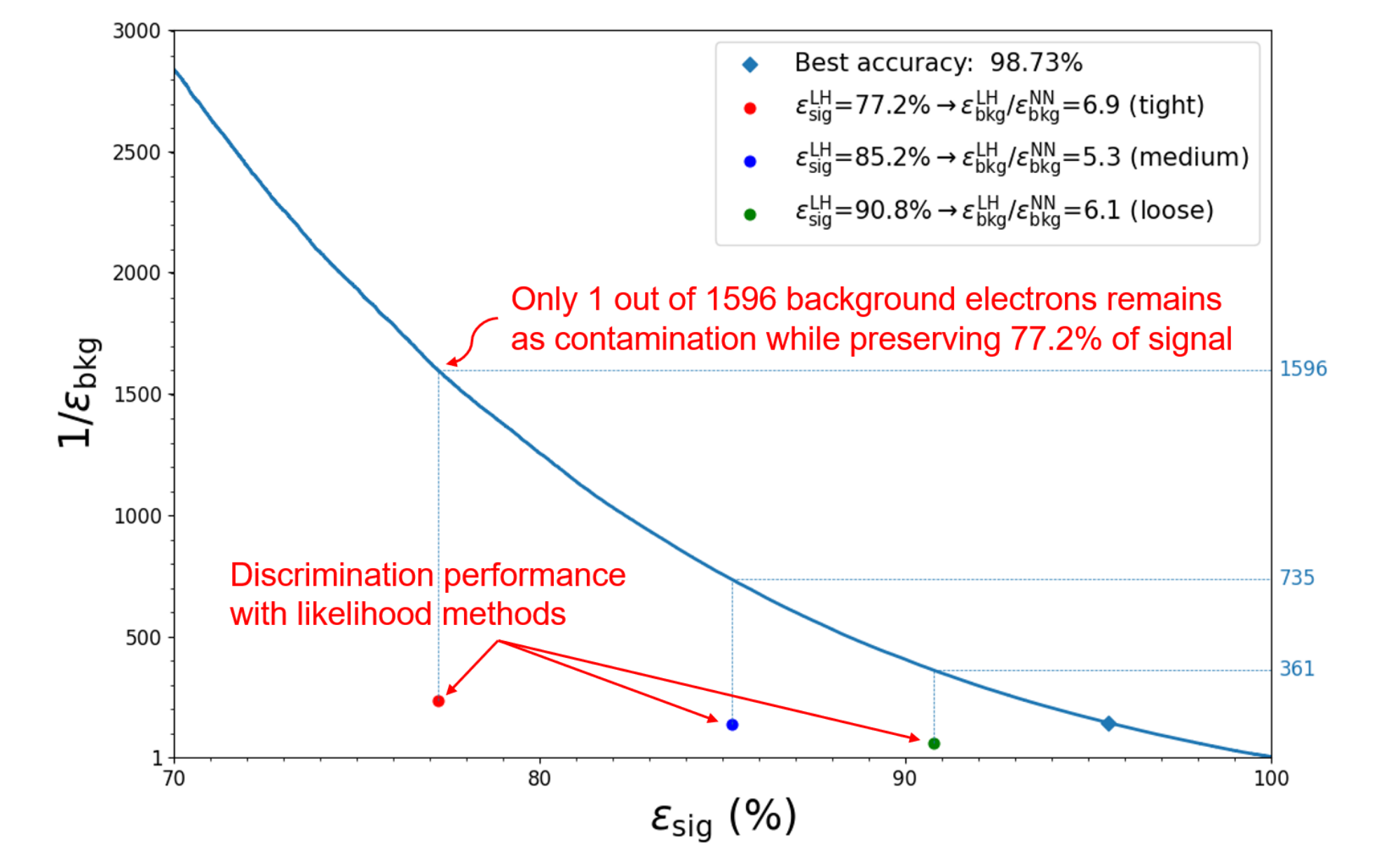
## Neural Networks Performance

- Neural networks produce **probabilities** of belonging to a specific class
- The signal probability is used to **discriminate signal from background**



- Some types of background (e.g., light hadron) are easier to separate while others like heavy flavor or photon conversion are more challenging

- Discriminating **performance** is assessed by comparing signal and background efficiencies (rate of acceptance) at various probability cuts



- At 70% signal efficiency, signal purification ( $\epsilon_{sig}/\epsilon_{bkg}$ ) can reach up to 2000 and **outperform conventional methods** by a factor 10

## Acknowledgments

- This material is based upon work supported in part by IVADO (Institut de valorisation des données)
- Special thanks to ATLAS group from Université de Genève for providing Monte Carlo training samples



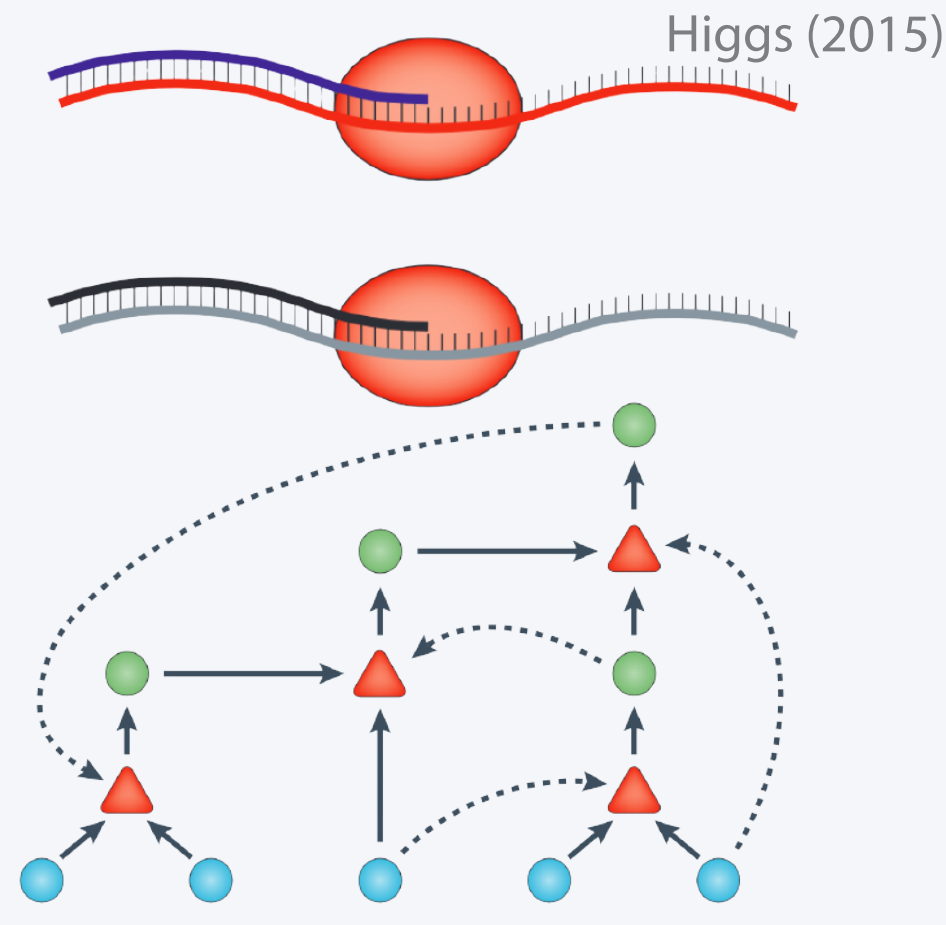


## Coopération et origine de la vie

La coopération est un élément central des théories portant sur l'origine de la vie. Par exemple, dans celle dite de « monde ARN », un **ribozyme** recopie un brin non apparenté, ce qui peut être considéré comme une forme de coopération.

De la même manière, catalyser la production d'autres composantes d'un **ensemble autocatalytique** représente une forme de comportement coopératif.

La coopération n'implique pas un acte conscient!



	Coopération	Défection
Coopération	R	S
Défection	T	P

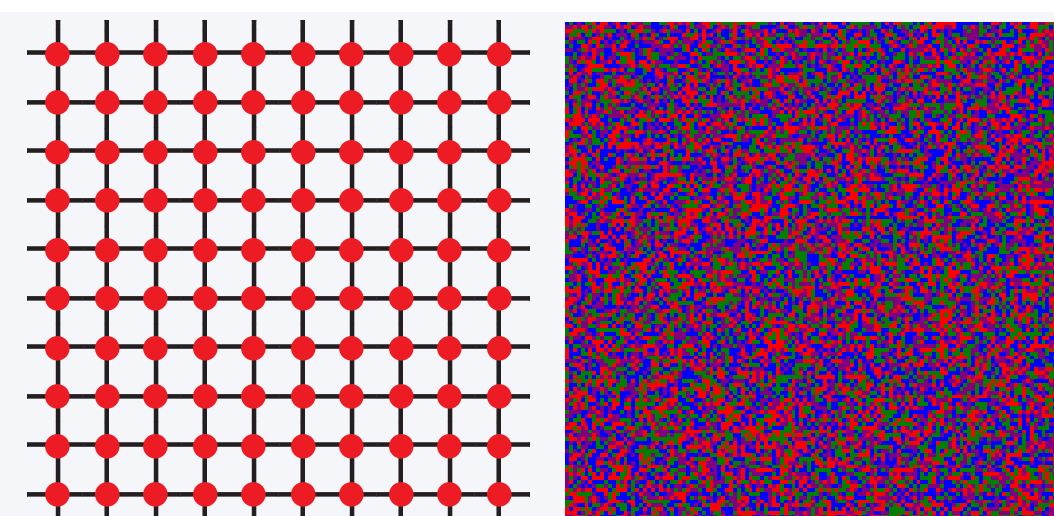
Le **Dilemme du Prisonnier** a été étudié en détail — notamment en contexte (micro)biologique. L'une de ses extensions, le **DP Itéré**, peut être utilisée pour modéliser l'interaction répétée entre des individus.

Bien que l'équilibre de Nash du DP soit de faire défection, la stratégie de **coopération réciproque** a fait ses preuves face à un éventail varié d'opposants — mais sa performance chute lorsque l'environnement subit des perturbations.

- ALLC : coopération absolue (« always cooperate »)
- ALLD : défection absolue (« always defect »)
- TFT : coopération réciproque (« Tit-for-Tat »)
- RND : stratégie aléatoire (« random »)

## Modéliser l'émergence de la coopération

1. On peut modéliser la **dynamique des comportements coopératifs** en contexte évolutif en utilisant un réseau cartésien, sur lequel on distribue des joueurs. Chaque joueur se comporte selon l'une des stratégies mentionnées

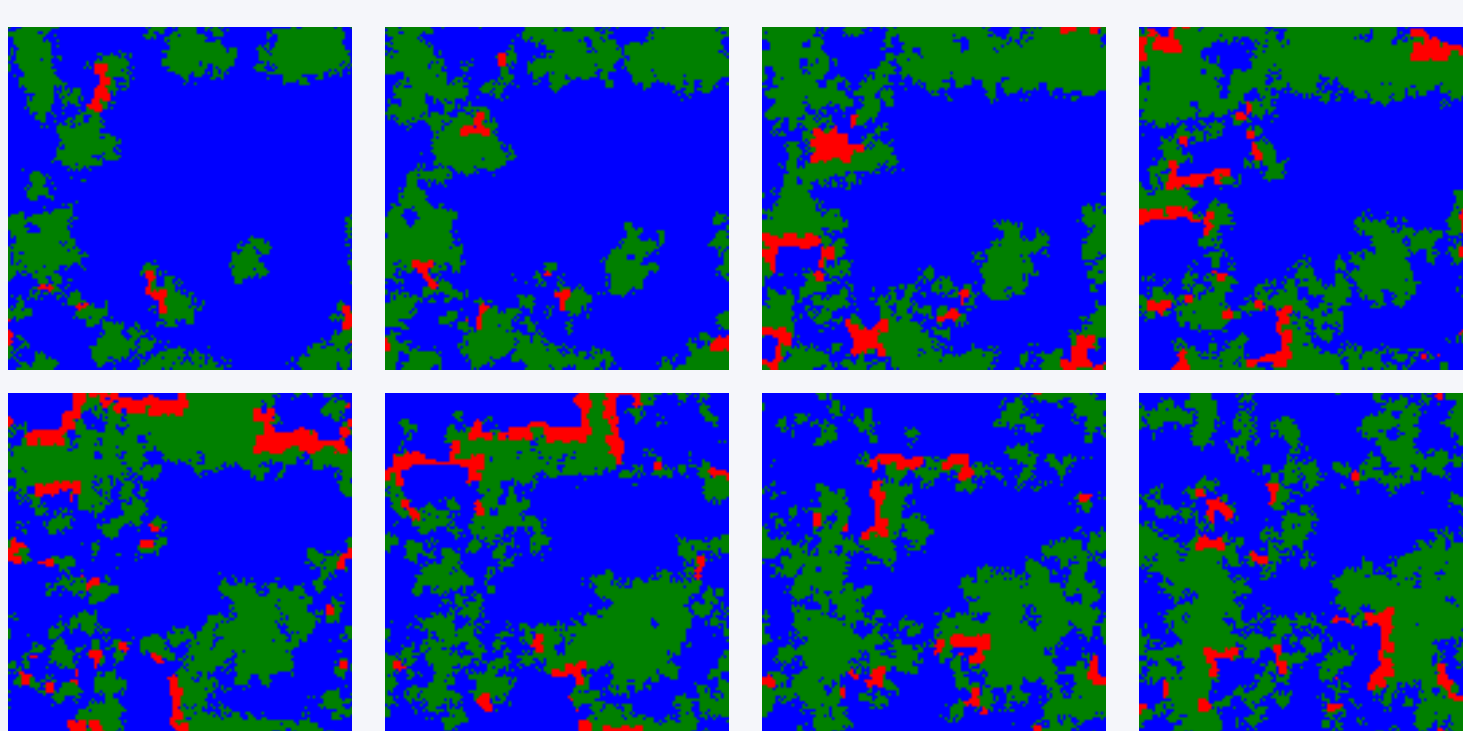
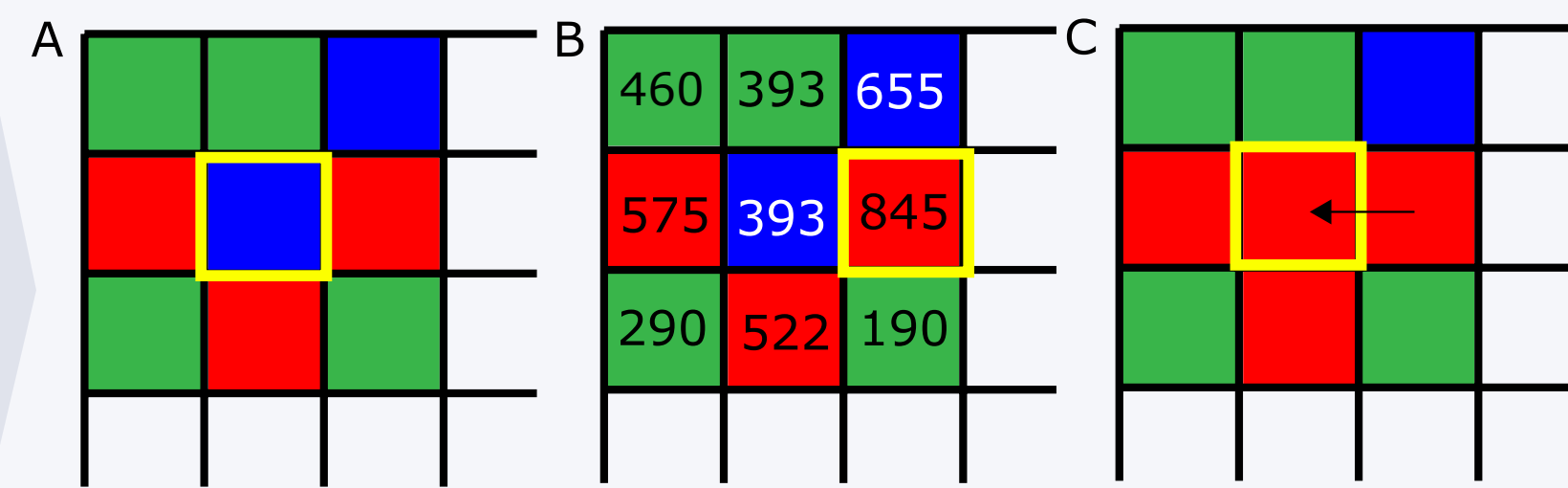


	0	1	5	...	3	3	1	52
TFT	C	D	D	...	C	C	C	X
RND	D	D	C	...	C	C	D	X
	5	1	1	...	3	3	5	50

	V	V	V
	V	C	V
	V	V	V

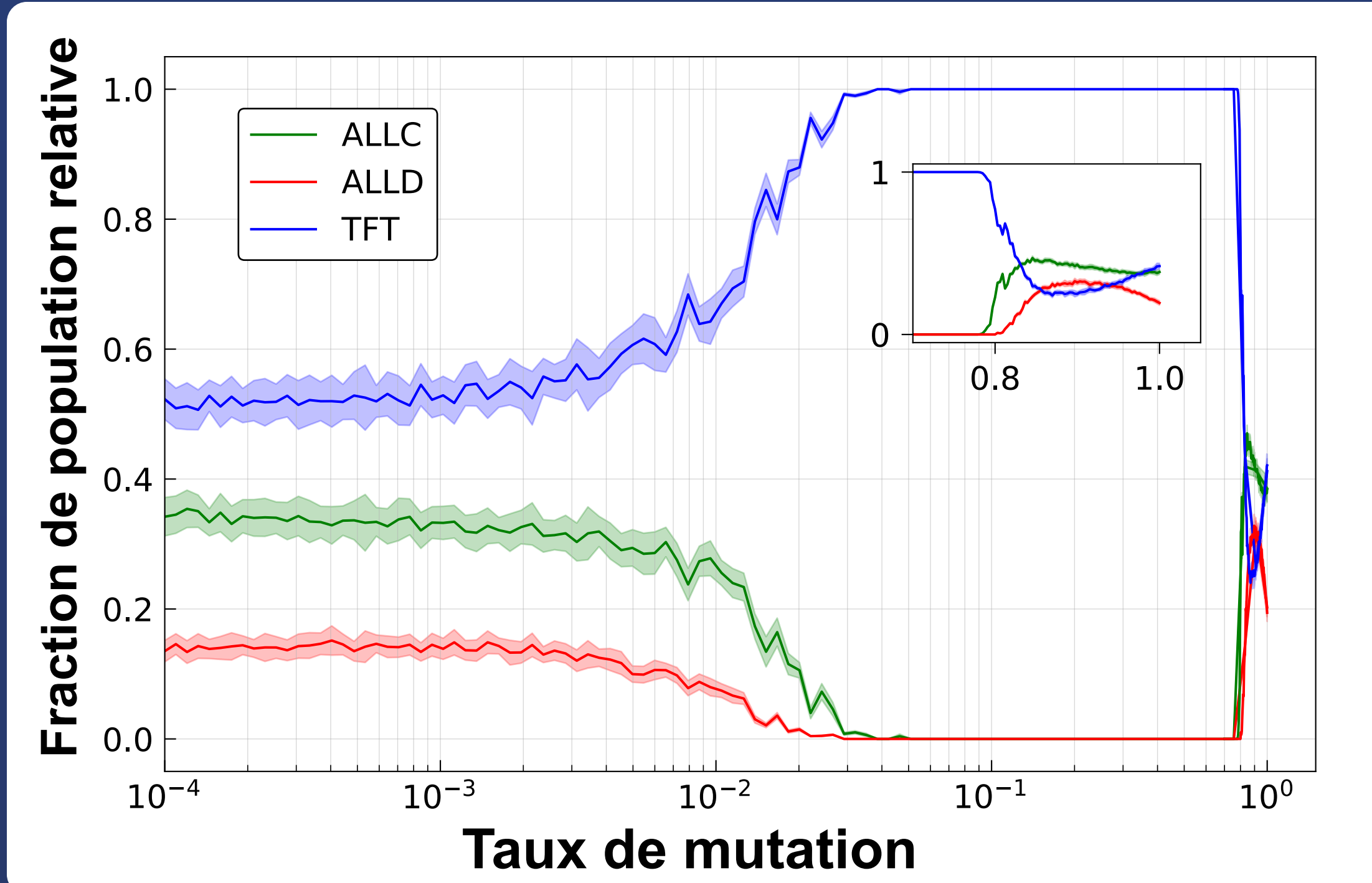
2. À chaque itération du modèle, chaque joueur affronte chacun de ses voisins à des parties de **DPI de M coups**. Le pointage de chaque partie de DP est comptabilisé.

3. Le pointage de chaque joueur est ensuite **comparé** avec celui de chaque voisin. Les joueurs adoptent la stratégie de leur voisin ayant le plus haut pointage, ou conservent le leur, le cas échéant.



4. La résultante en est une dynamique évolutive complexe au fil du temps. La **longueur des interactions** et la **spatialité** sont des paramètres importants qui influent sur la dynamique du système.

## Les mutations favorisent la coopération en contexte évolutif.



La vie pourrait être **plus résiliente** que pensé actuellement, et la zone d'habitabilité **plus grande** que présumée.

Voir en ligne:

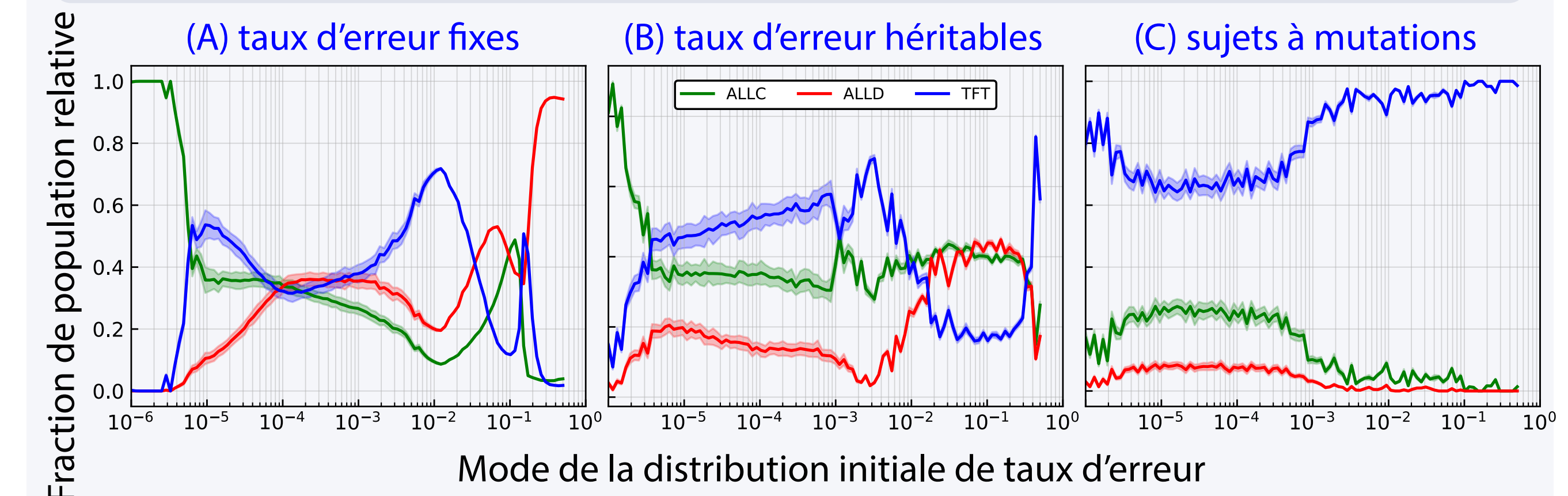


@AlexRChampagne

<https://alexandrechampagne.io>

## Taux d'erreur et triade de la biologie évolutionniste

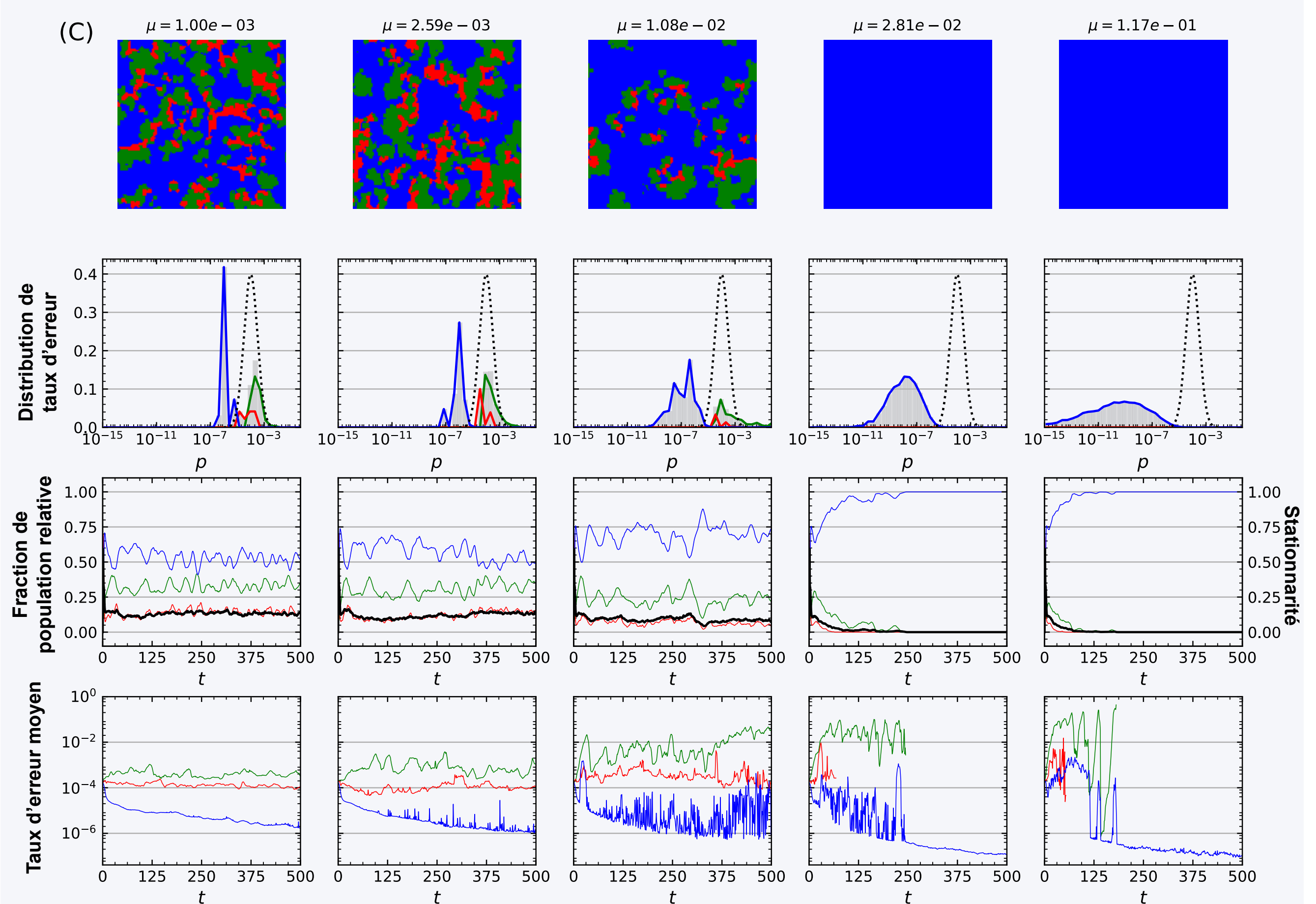
On peut présumer que l'environnement prébiotique propice à l'émergence de la vie fut sujet à des **perturbations dites « stochastiques »**. Nous avons ainsi voulu investiguer de quelle manière la coopération pouvait émerger en contexte évolutif et dans un tel environnement. En introduisant un **taux d'erreur** suite auquel les joueurs se trompent avec une probabilité  $p$ , nous avons complété un grand nombre de simulations en incluant plusieurs éléments de la biologie évolutionniste.



Si les coopérateurs possèdent un léger avantage en environnement perturbé lorsque  $p$  est petit (A), rendre le taux d'erreur héritable (B) augmente le succès de la stratégie TFT. Toutefois, lorsque les taux d'erreur sont également sujets à mutations, la **prédominance de TFT augmente de manière significative** (C).

## Transition vers la coopération-réciprocité

Lorsque le taux de mutation augmente (figure centrale), le système atteint un « point critique » auquel TFT envahit complètement le réseau — ce qui **établit de manière robuste une dynamique de coopération** — et ce, pour une grande plage de valeurs des paramètres du système. Proche de ce point, le comportement du système (illustré ci-dessous) subit des fluctuations importantes rappelant les transitions de phase.



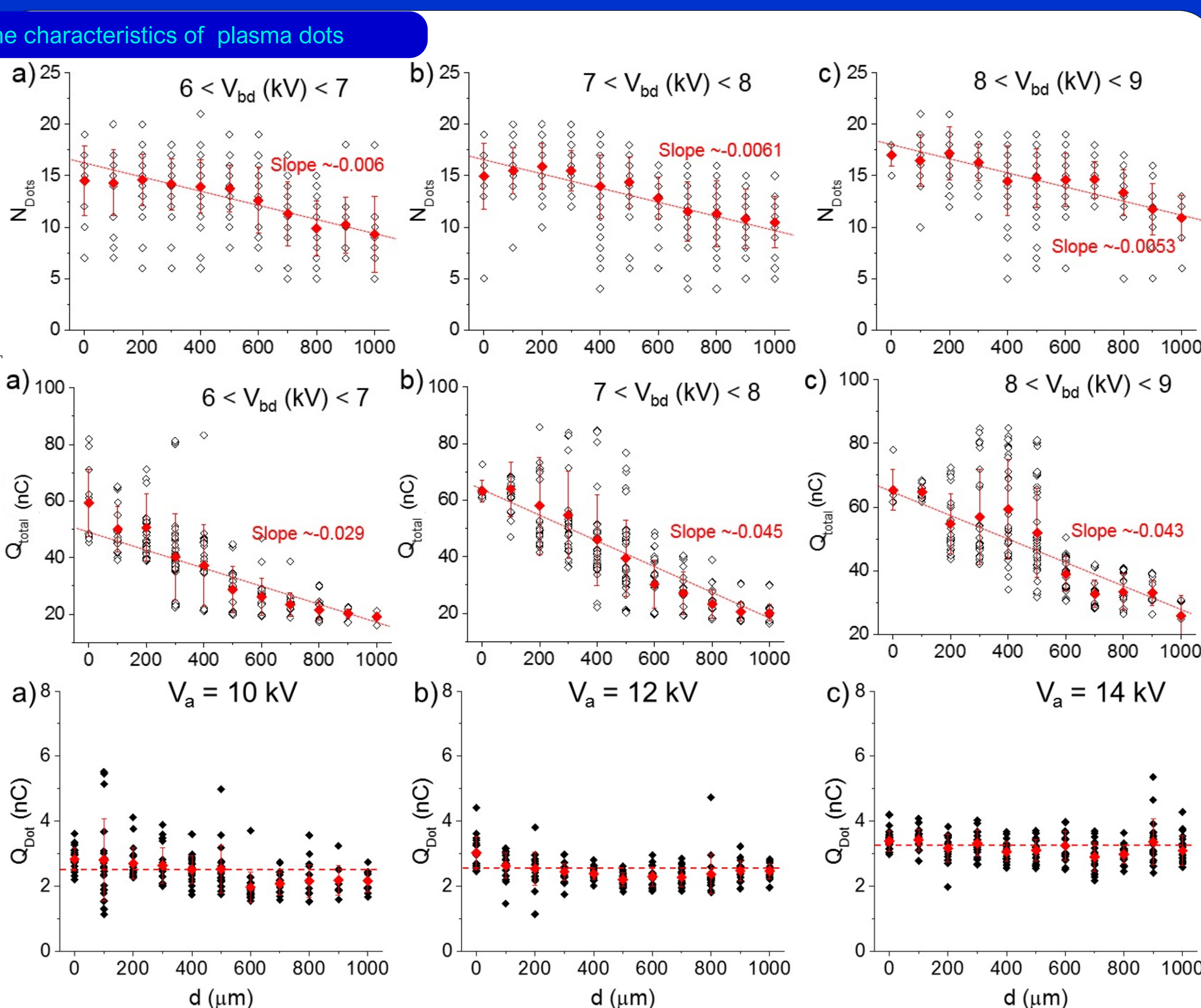
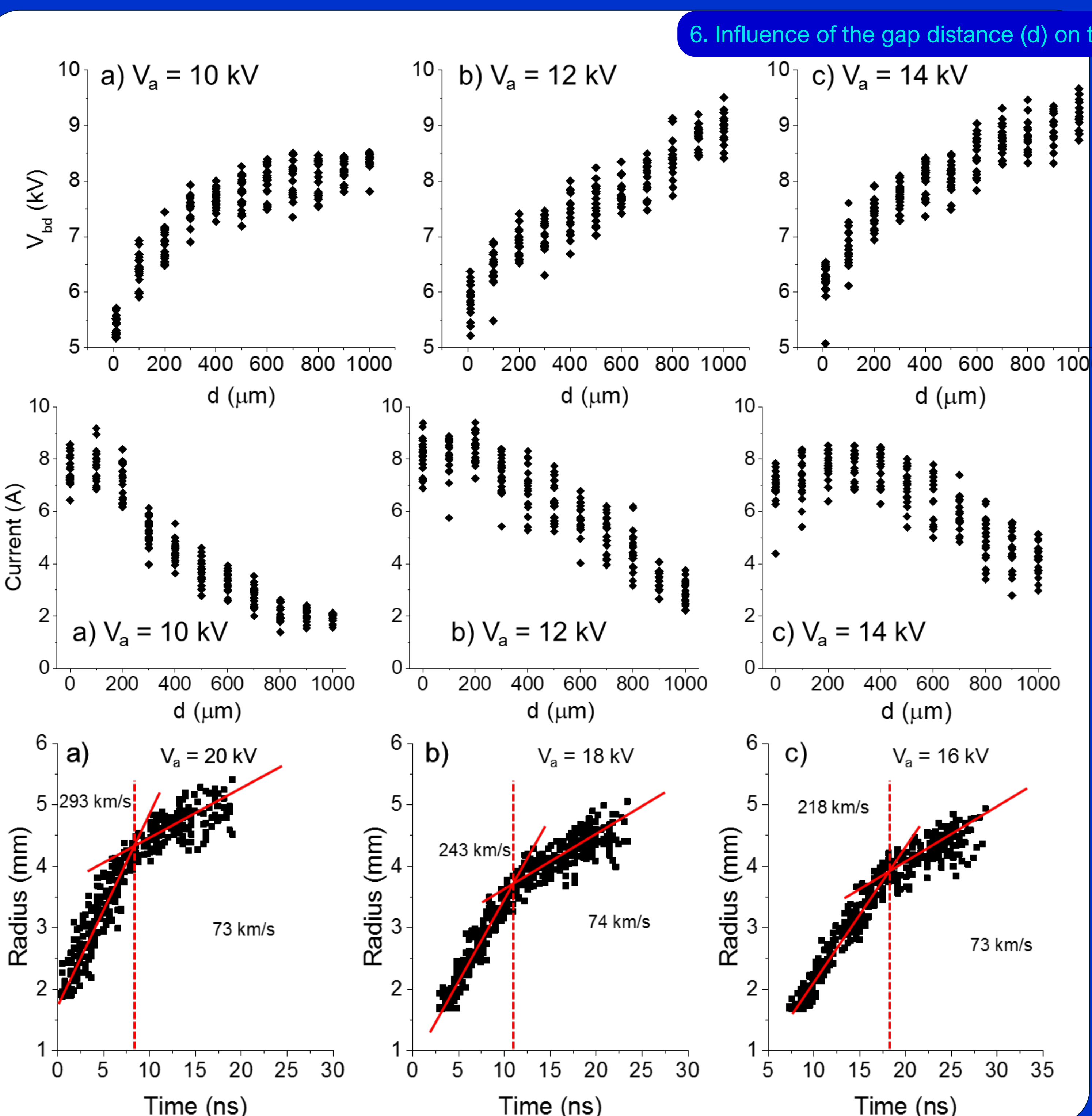
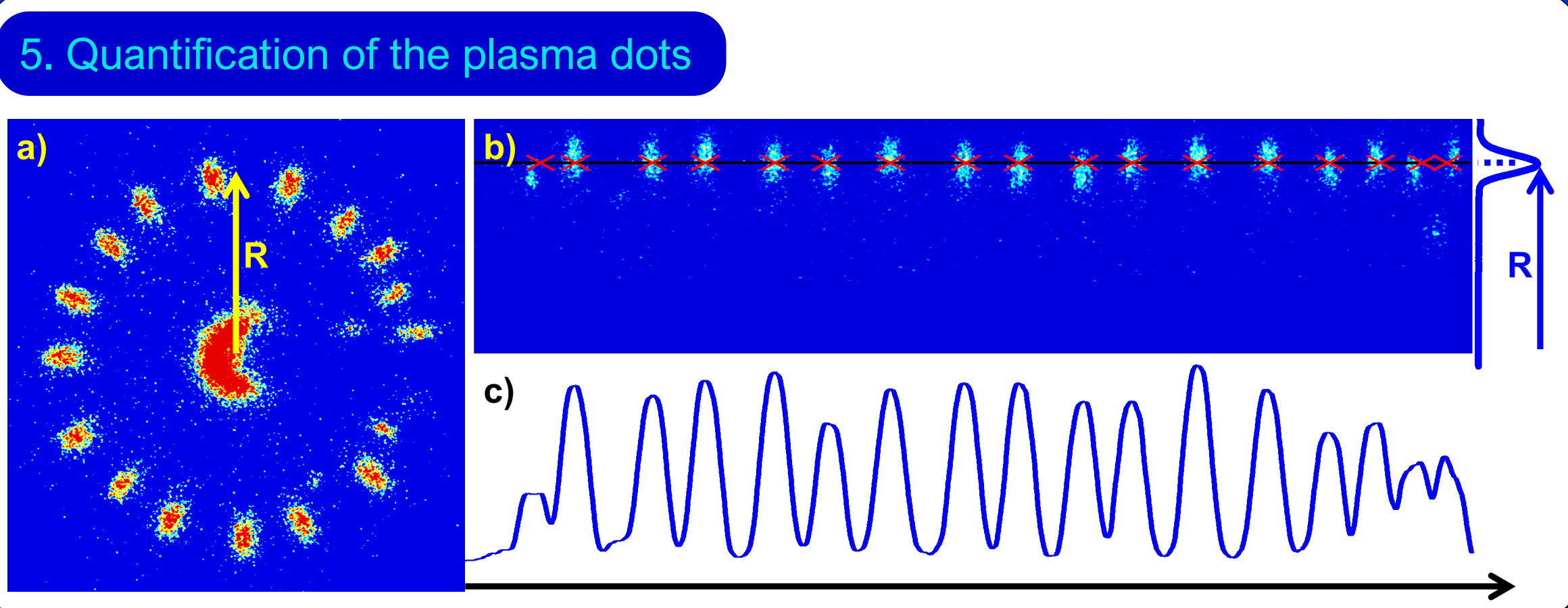
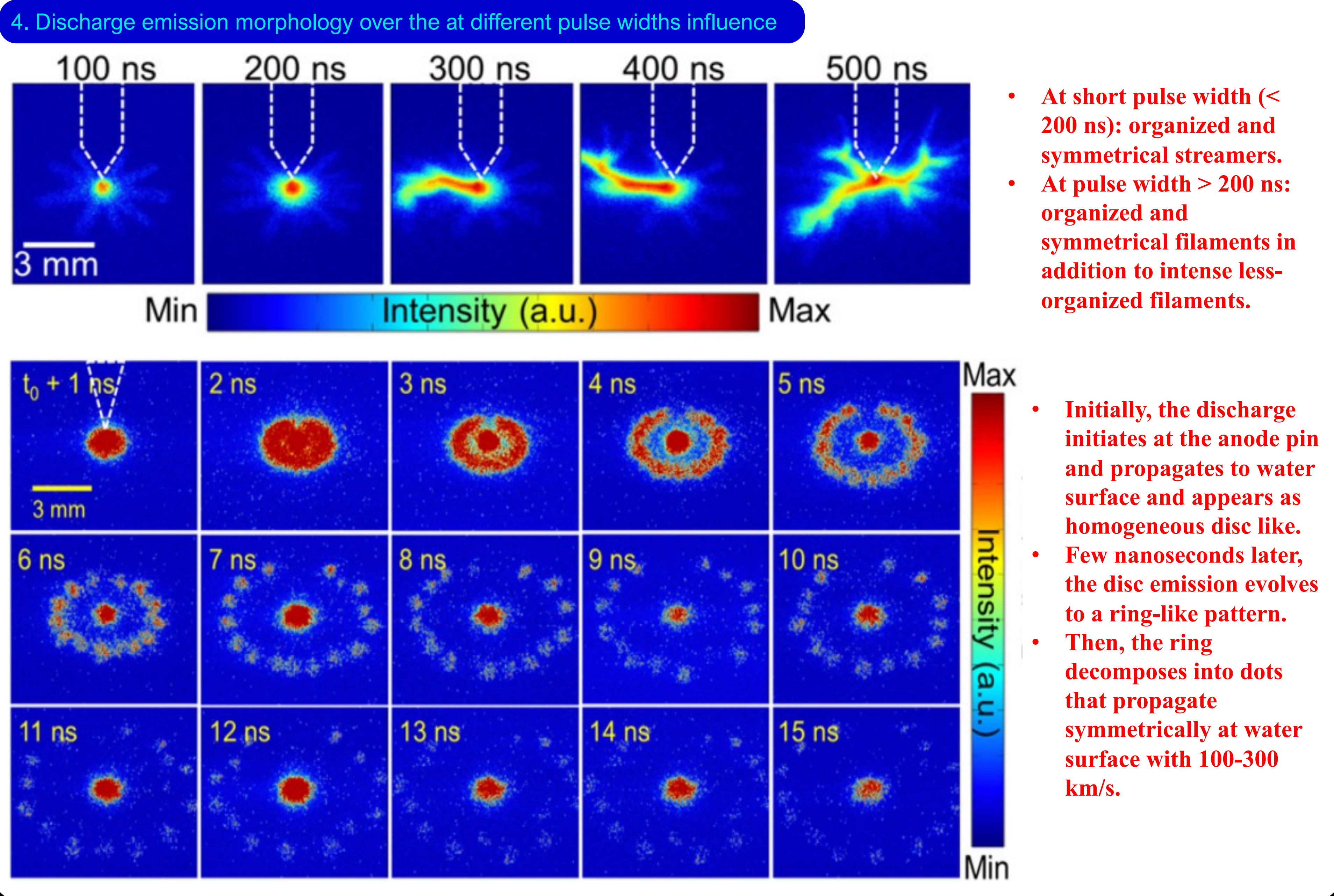
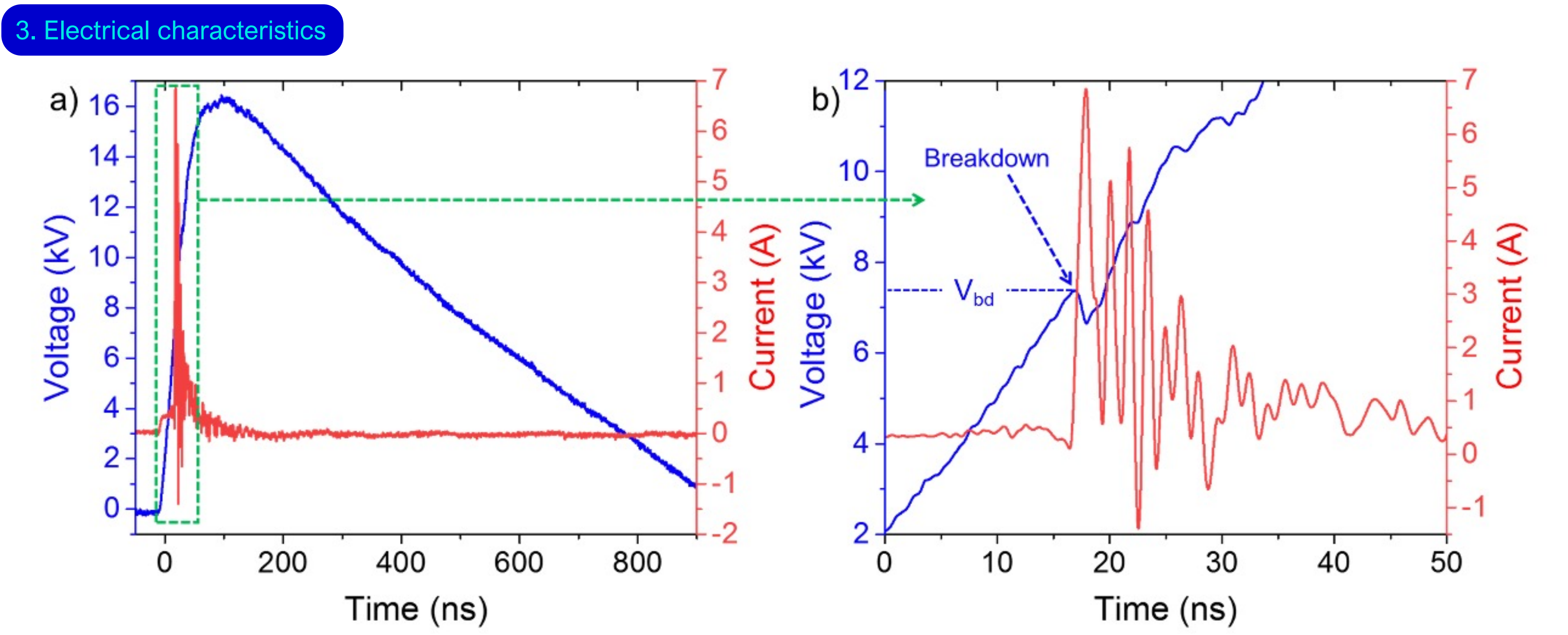
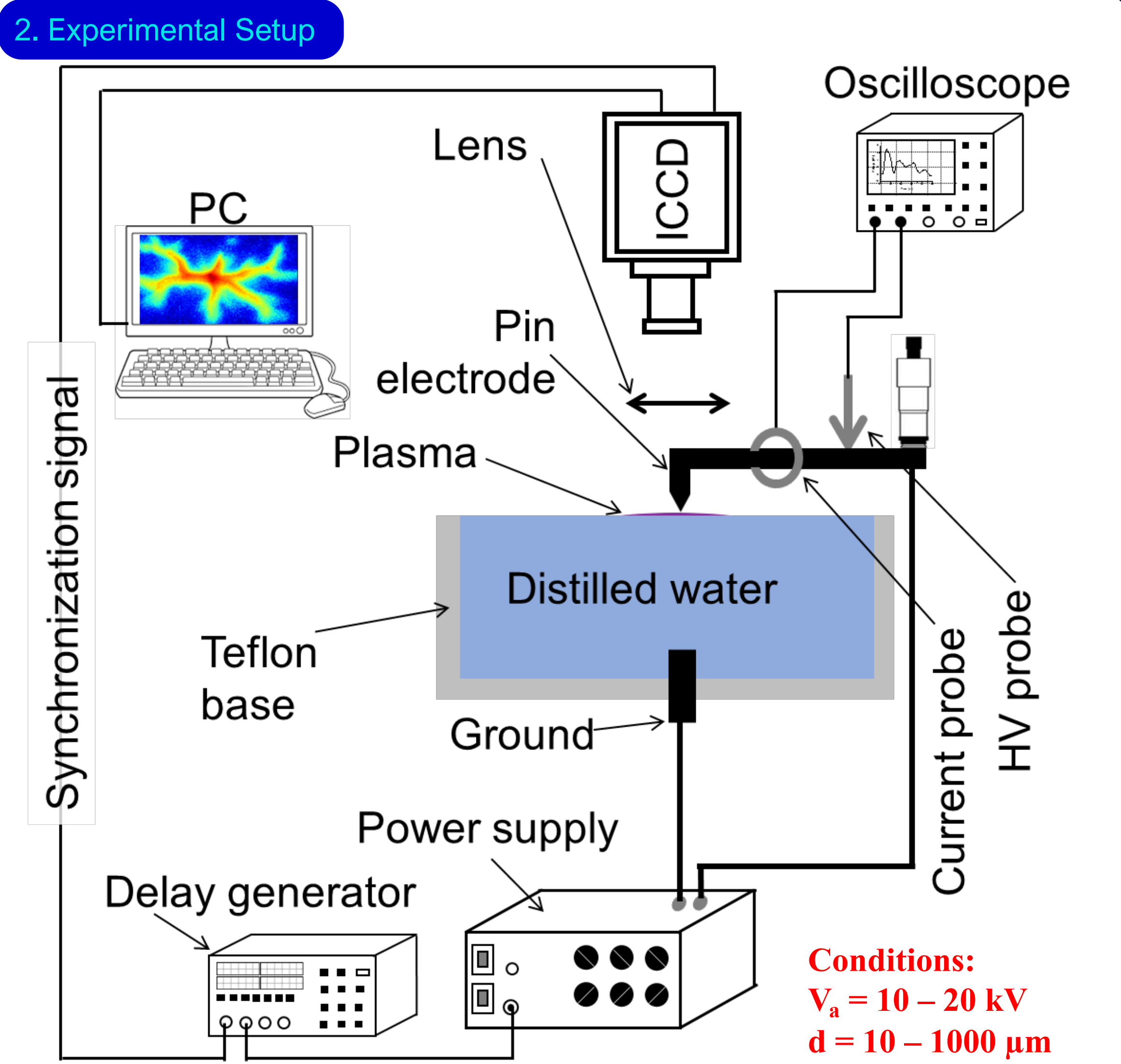
Une domination robuste de la coopération, introduite dès que la triade évolutionniste est introduite dans le système, suggère que la **vie pourrait ainsi émerger dans des environnements perturbés de manière significative** ou possiblement violents — tels des classes d'étoiles subissant des quantités importantes de radiation (e.g. étoiles M). Ces conclusions remettent en question notre conception traditionnelle de la **zone dite habitable d'une étoile**, et conséquemment la manière dont l'on cherche la vie ailleurs dans l'Univers.



Antoine Herrmann and Ahmad Hamdan (Université de Montréal, Campus MIL, Montréal, Québec, H2V 0B3, Canada)

antoine.herrmann@umontreal.ca

**1. Introduction** Streamer discharges exhibit unique plasma properties making them attractive for many applications. Streamers are micrometric plasma channels that propagate at high speed (100s km/s) under the action of space charge field induced by charge separation at streamer's head. Such plasmas can be sustained at atmospheric pressure (or higher), with a non-equilibrium thermodynamic providing thus a medium with very high reactivity. Although the physics of such discharges is well known, our knowledge on their dynamics at a solid or liquid surfaces is very scarce. In this context, the aim of this research is to investigate the dynamics of such discharges when coupled with a liquid surface, experimentally and by simulation.



**7. Conclusion** The dynamics of streamer discharges on water surface is very fast (nanosecond time scale). The discharge starts as homogeneous disc at water surface, it evolves to ring-like few nanoseconds later, then to a symmetrical dots that propagates with a speed of 100s km/s. Based on the electrical characterization and imaging, we performed a statistical analysis to find a relationship between the number of dots, the charge per dot, and the gap distance. Also, based on the propagation speed, we have provided a time evolution of the electric field, charge per dot, and charge number at water surface. Further understanding of the mechanisms will be provided through a simulation study.

