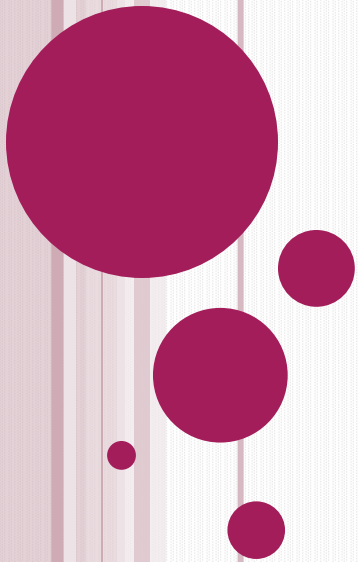


# ÉPREUVE DE MISE EN PERSPECTIVE DIDACTIQUE D'UN DOSSIER DE RECHERCHE

**Lydia Chabane**



# PLAN

## I. Mon parcours

- Scolaire et professionnel

## II. Mes travaux de recherche

- Présentation
- Mise en perspective didactique

## III. Ma mission doctorale

- Présentation
- Mise en perspective didactique

# **I. Mon parcours**

## I. Mon parcours

# MON PARCOURS SCOLAIRE ET PROFESSIONNEL

<b>2013 – 2015</b>	CPGE (MPSI/MP*) au lycée Chaptal (Paris)
<b>2015 – 2017</b>	L3/M1 Magistère de physique fondamentale d'Orsay
<b>2017 – 2018</b>	M2 ICFP – Parcours Physique Quantique à l'ENS (Paris)
<b>2018 – 2021</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Thèse en physique statistique à IJCLab (Orsay) sous la direction de Gatien Verley et Raphaël Chétrite</li><li>- Mission doctorale de médiation scientifique à la MISS (Orsay)</li></ul>
<b>Fév - Mai 2022</b>	Consultante scientifique à Auditex (Paris)
<b>2022 - 2023</b>	Préparation de l'agrégation au centre de Montrouge

## II.

### 1. Mes travaux de recherche

# MON SUJET DE THÈSE

**« De la rareté à la typicité : le parcours improbable  
d'une grande déviation »**

Superviseurs:       - Gatien Verley (IJCLab)  
                              - Raphaël Chétrite (Laboratoire J.A. Dieudonné, Nice)

Soutenue le 26 novembre 2021 à IJCLab.

# MON SUJET DE THÈSE

## « De la rareté à la typicité : le parcours improbable d'une grande déviation »

Superviseurs: - Gatien Verley (IJCLab)  
- Raphaël Chétrite (Laboratoire J.A. Dieudonné, Nice)

Soutenue le 26 novembre 2021 à IJCLab.



## II. Présentation de mes travaux de recherche

# CONTEXTE

**En physique statistique d'équilibre:**



## II. Présentation de mes travaux de recherche

# CONTEXTE

En physique statistique d'équilibre:

**Ensemble microcanonique**  
 $E$  fixée (contrainte)

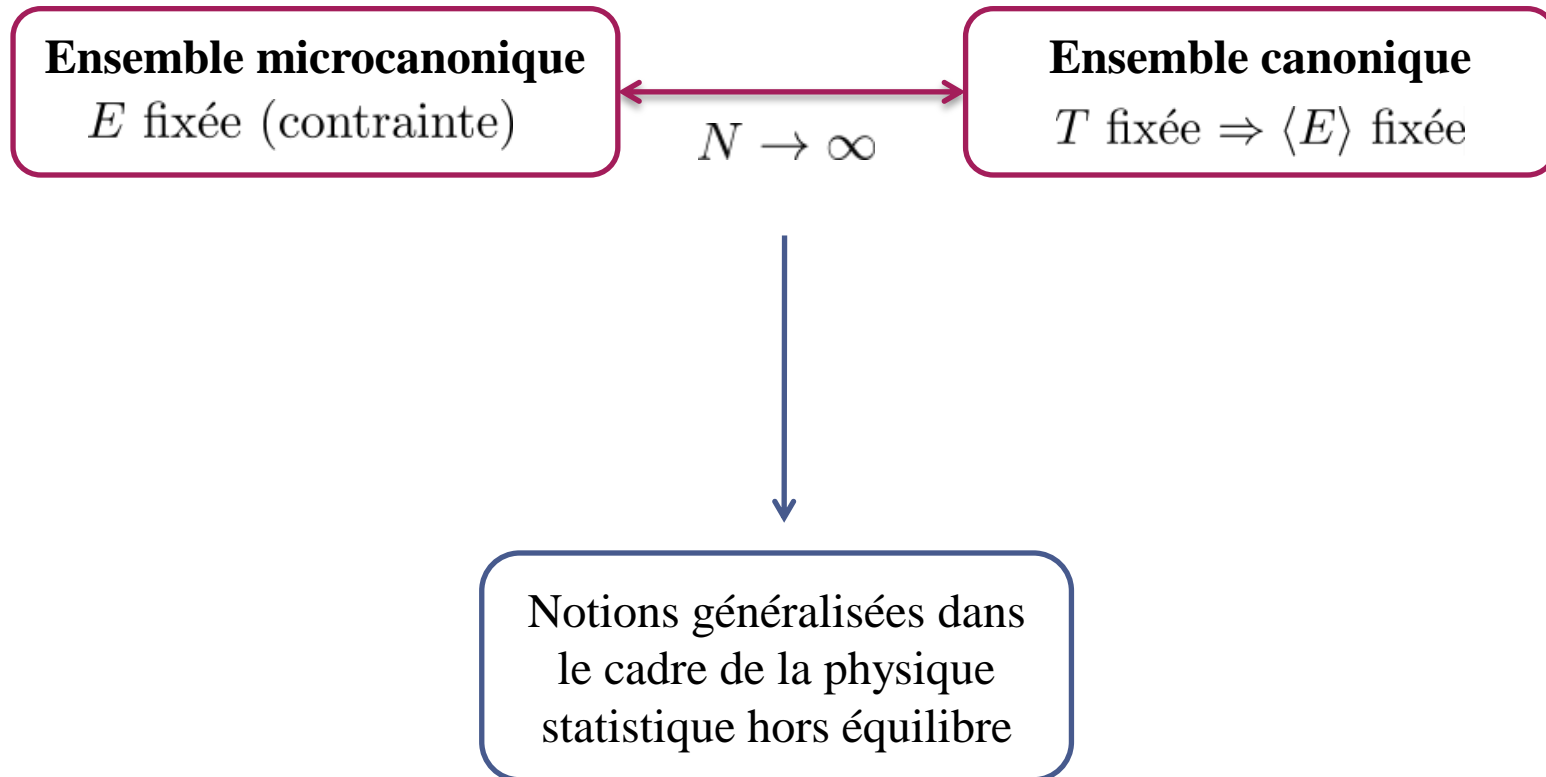
$N \rightarrow \infty$

**Ensemble canonique**  
 $T$  fixée  $\Rightarrow \langle E \rangle$  fixée

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# CONTEXTE

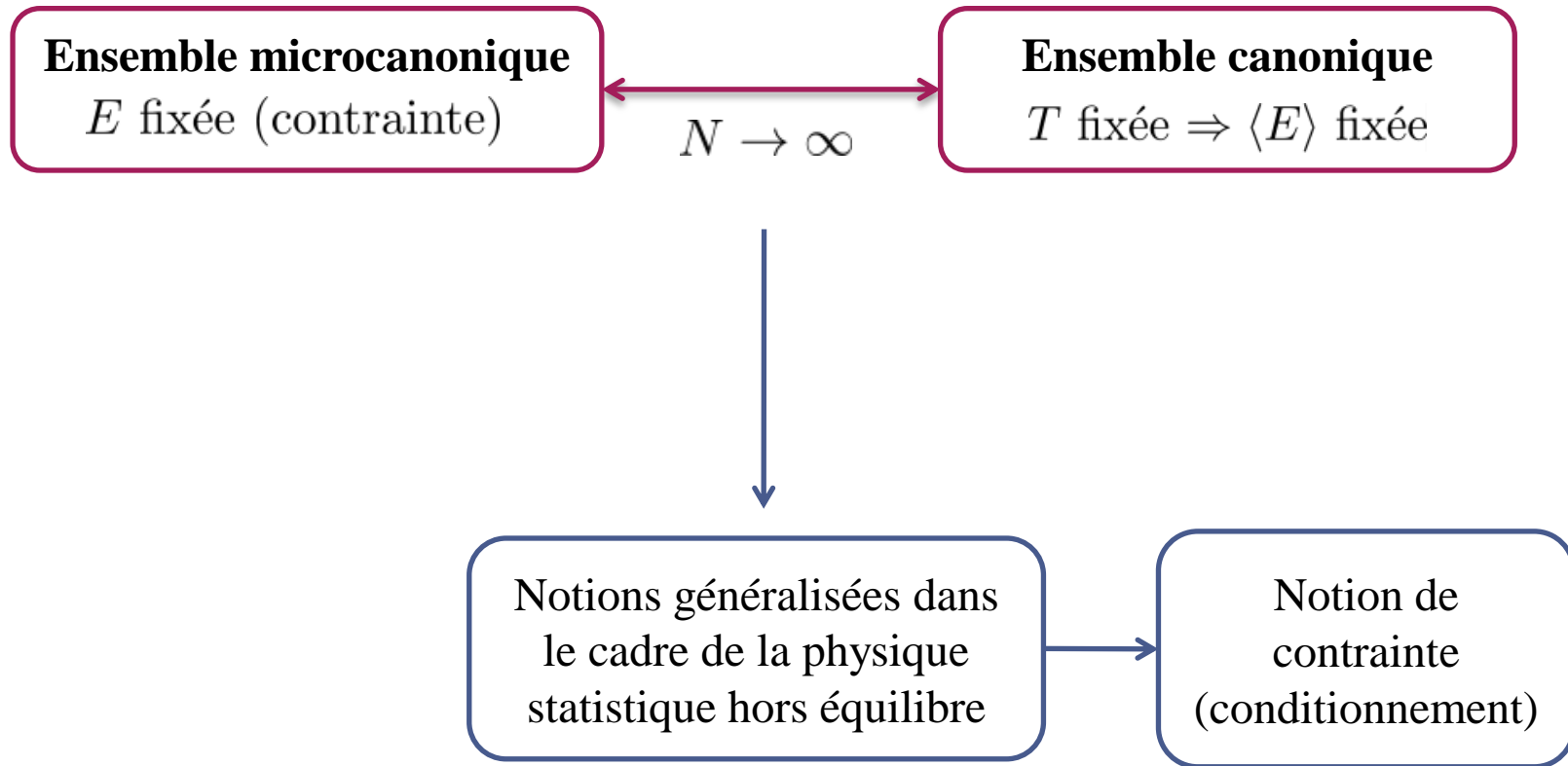
## En physique statistique d'équilibre:



## II. Présentation de mes travaux de recherche

# CONTEXTE

## En physique statistique d'équilibre:



## II. Présentation de mes travaux de recherche

# THERMODYNAMIQUE STOCHASTIQUE : MOTIVATION

Physique statistique classique	Thermodynamique stochastique
Équilibre	Hors équilibre

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# THERMODYNAMIQUE STOCHASTIQUE : MOTIVATION

Physique statistique classique	Thermodynamique stochastique
Équilibre	Hors équilibre
Grand nombre de particules	Nombre arbitraire de particules

# THERMODYNAMIQUE STOCHASTIQUE : MOTIVATION

Physique statistique classique	Thermodynamique stochastique
Équilibre	Hors équilibre
Grand nombre de particules	Nombre arbitraire de particules
Observables thermodynamiques données par leur valeurs moyennes	Observables thermodynamiques fluctuantes

# THERMODYNAMIQUE STOCHASTIQUE : MOTIVATION

Physique statistique classique	Thermodynamique stochastique
Équilibre	Hors équilibre
Grand nombre de particules	Nombre arbitraire de particules
Observables thermodynamiques données par leur valeurs moyennes	Observables thermodynamiques fluctuantes

# THERMODYNAMIQUE STOCHASTIQUE : MOTIVATION

Physique statistique classique	Thermodynamique stochastique
Équilibre	Hors équilibre
Grand nombre de particules	Nombre arbitraire de particules
Observables thermodynamiques données par leur valeurs moyennes	Observables thermodynamiques fluctuantes



Grand nombre de systèmes  
réels avec d'importantes  
fluctuations thermiques



## II. Présentation de mes travaux de recherche

# COMMENT DÉFINIR CES GRANDEURS FLUCTUANTES ?

## 1. Cadre mathématique

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# COMMENT DÉFINIR CES GRANDEURS FLUCTUANTES ?

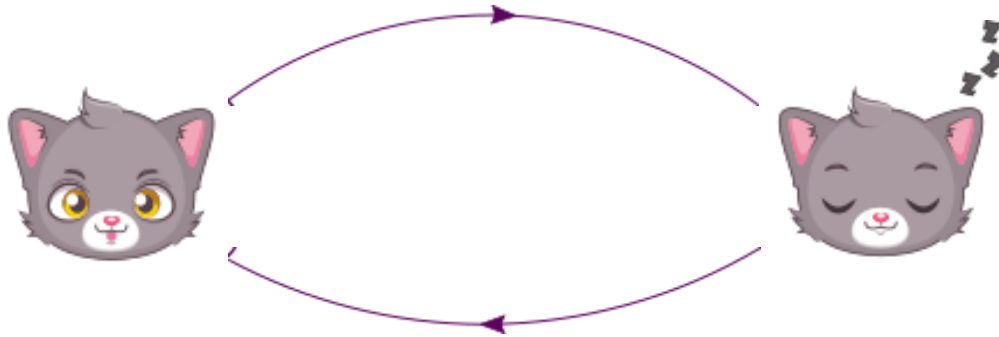
## 1. Cadre mathématique



## II. Présentation de mes travaux de recherche

# COMMENT DÉFINIR CES GRANDEURS FLUCTUANTES ?

## 1. Cadre mathématique

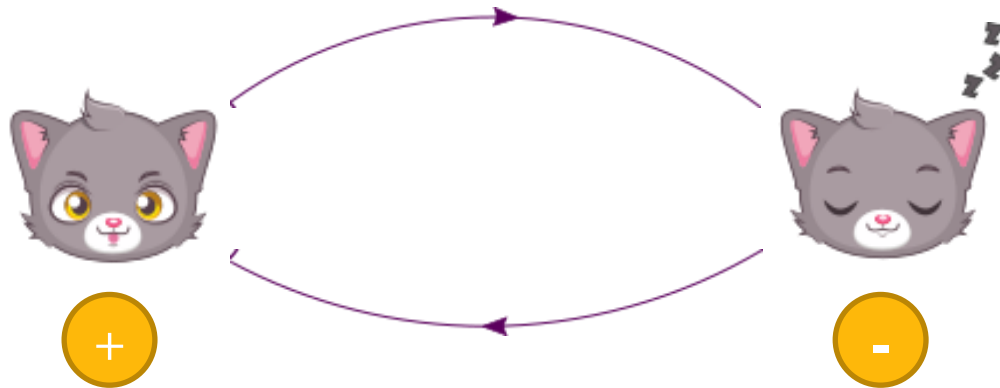


**Aléatoirement**

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# COMMENT DÉFINIR CES GRANDEURS FLUCTUANTES ?

## 1. Cadre mathématique



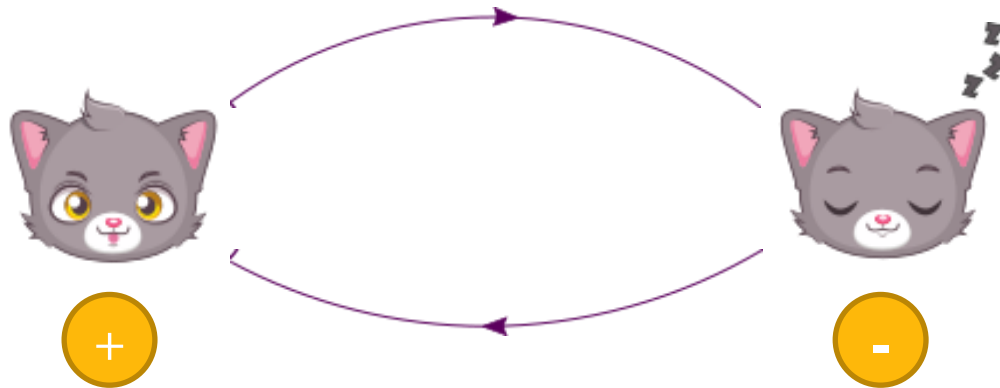
**Aléatoirement**

L'état du chat est une variable aléatoire.

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# COMMENT DÉFINIR CES GRANDEURS FLUCTUANTES ?

## 1. Cadre mathématique



**Aléatoirement**

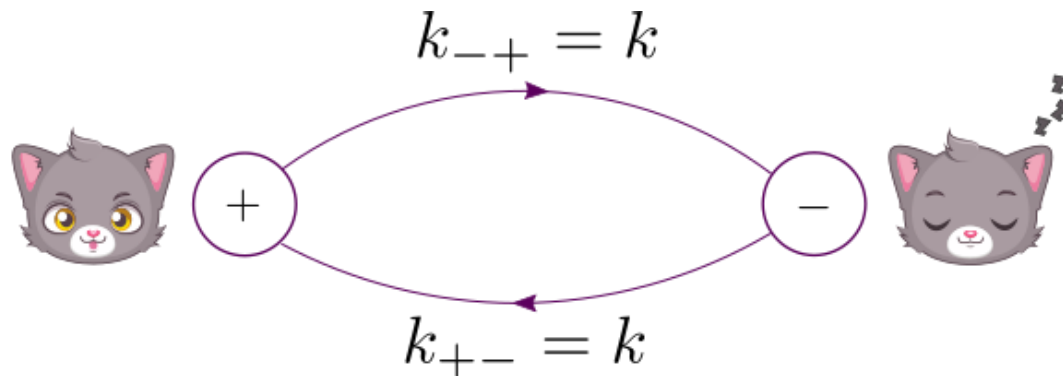
L'état du chat est une variable aléatoire.

L'évolution temporelle de l'état du chat  $z(t)$  est un processus aléatoire.

# COMMENT DÉFINIR CES GRANDEURS FLUCTUANTES ?

## 2. Modélisation par un processus de Markov

$z(t)$  processus de Markov: l'évolution future de l'état ne dépend que du présent et non du passé.



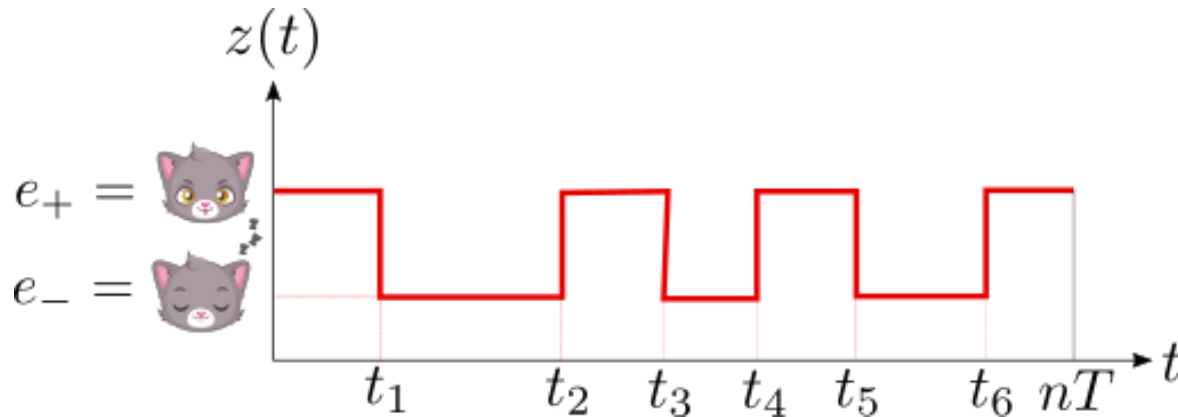
Le taux de transition  $k_{+-}(t)$  est la probabilité par unité de temps de sauter de l'état - vers l'état + au temps  $t$ .

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# COMMENT DÉFINIR CES GRANDEURS FLUCTUANTES ?

### 3. Notion de trajectoire

Au cours d'une journée ( $T = 24$  h), le chat peut se réveiller et s'endormir plusieurs fois. Voici un exemple de trajectoire sur  $n$  jours:

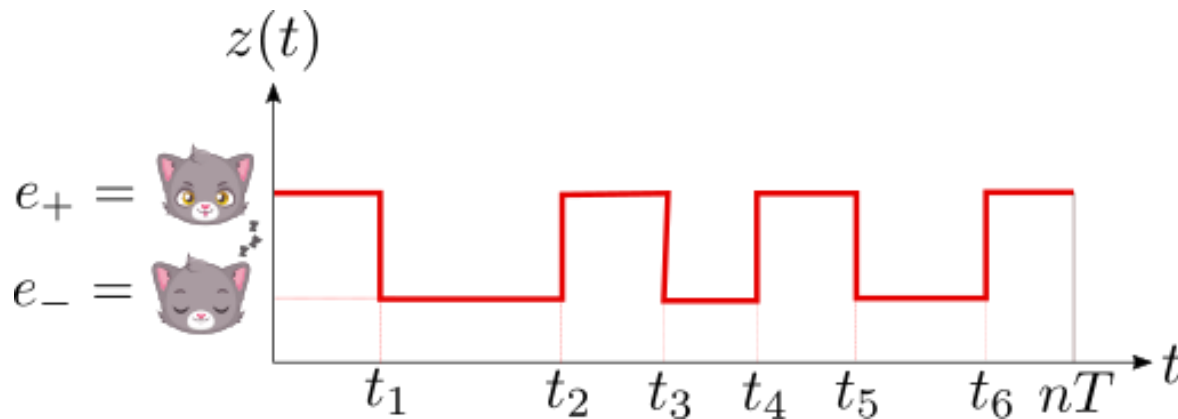


**En rouge: un exemple de trajectoire  $[z]$**

# COMMENT DÉFINIR CES GRANDEURS FLUCTUANTES ?

## 3. Notion de trajectoire

Au cours d'une journée ( $T = 24$  h), le chat peut se réveiller et s'endormir plusieurs fois. Voici un exemple de trajectoire sur  $n$  jours:



**En rouge: un exemple de trajectoire  $[z]$**

Observable  $A[z]$  : variable aléatoire



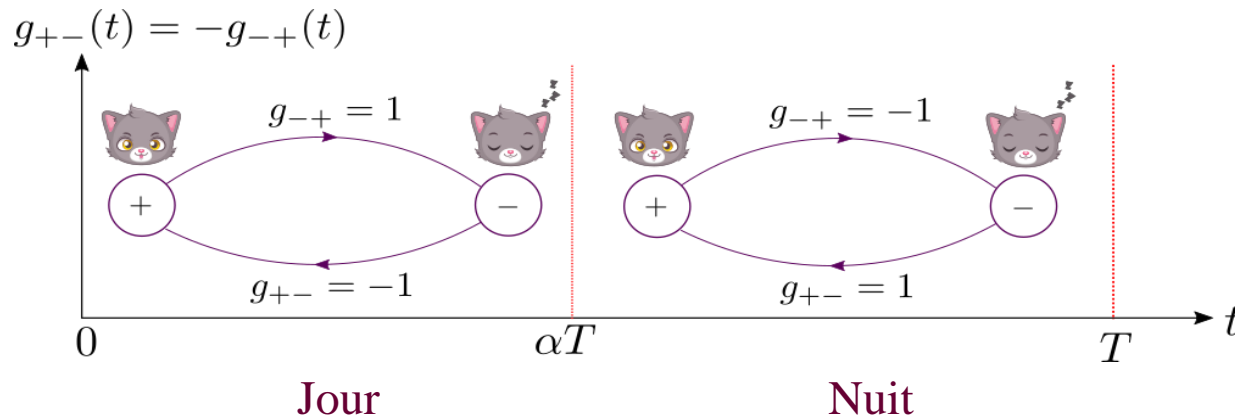
## II. Présentation de mes travaux de recherche

# COMMENT DÉFINIR CES GRANDEURS FLUCTUANTES ?

### 4. Exemple de grandeur fluctuante

Nous voulons savoir si le chat :

- s'endort plus qu'il ne se réveille le jour
- se réveille plus qu'il ne s'endort la nuit

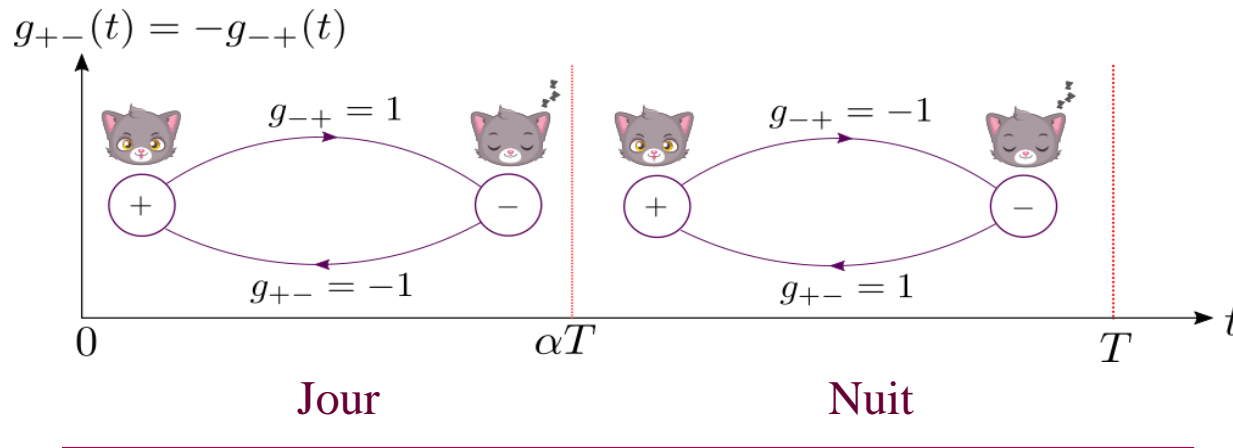


# COMMENT DÉFINIR CES GRANDEURS FLUCTUANTES ?

## 4. Exemple de grandeur fluctuante

Nous voulons savoir si le chat :

- s'endort plus qu'il ne se réveille le jour
- se réveille plus qu'il ne s'endort la nuit



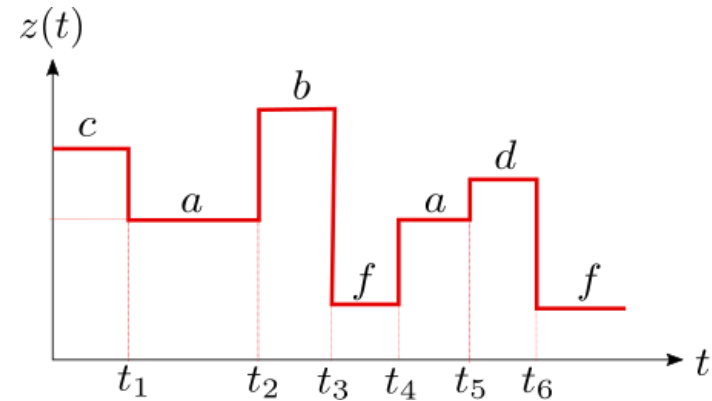
**Observable**

$$A[z] = \frac{1}{nT} \sum_{t \in [0, nT] \mid z(t^+) \neq z(t^-)} g_{z(t^+), z(t^-)}(t)$$

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# ET EN PHYSIQUE ?

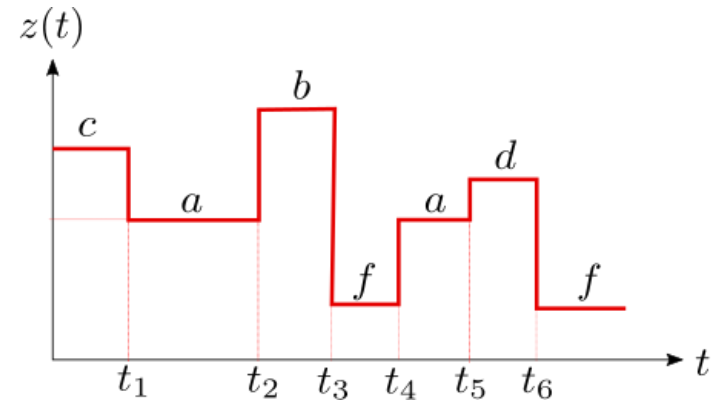
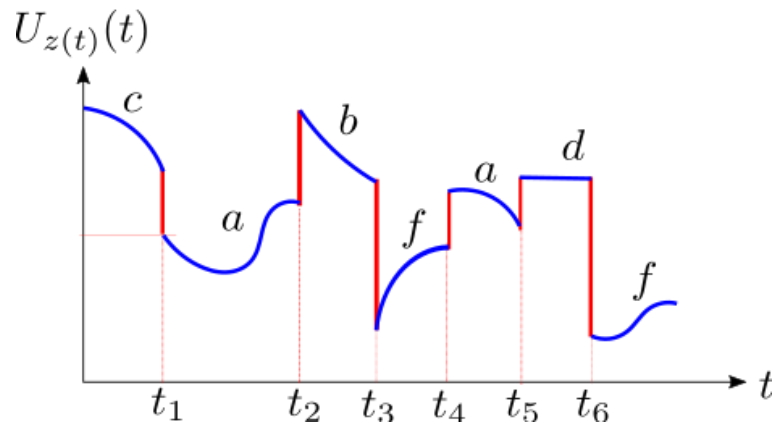
Énergie de l'état  $i$  :  $U_i(t)$



## II. Présentation de mes travaux de recherche

# ET EN PHYSIQUE ?

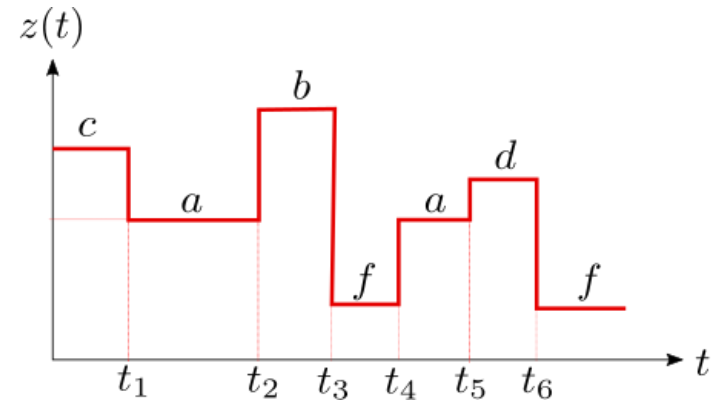
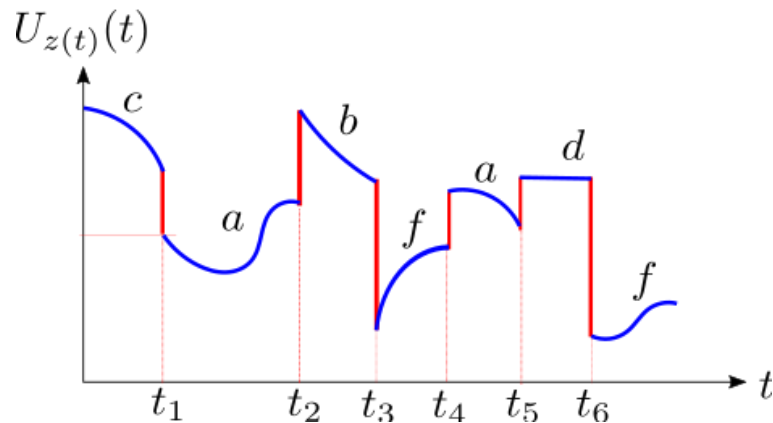
Énergie de l'état  $i$  :  $U_i(t)$



## II. Présentation de mes travaux de recherche

# ET EN PHYSIQUE ?

Énergie de l'état  $i$  :  $U_i(t)$

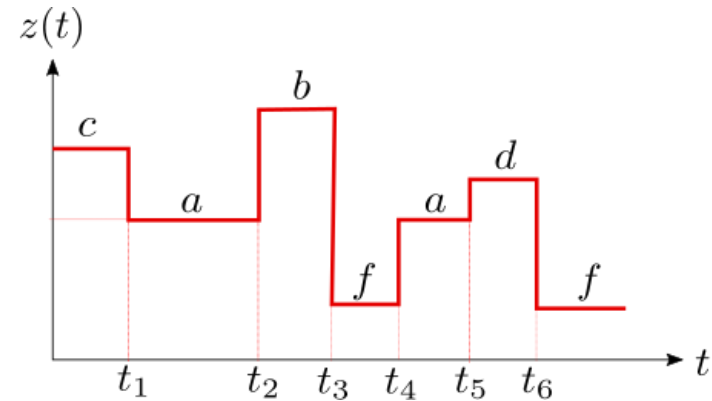
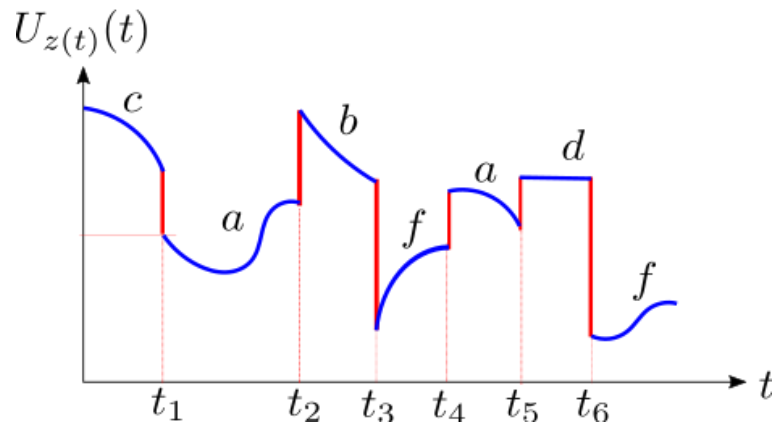


$$g_{ij}(t) = U_i(t) - U_j(t) \rightarrow \text{Chaleur : } Q[z] = \sum_{\ell=0}^{M-1} [U_{z_{\ell+1}}(t_{\ell+1}) - U_{z_{\ell}}(t_{\ell+1})]$$

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# ET EN PHYSIQUE ?

Énergie de l'état  $i$  :  $U_i(t)$



$$g_{ij}(t) = U_i(t) - U_j(t) \rightarrow \text{Chaleur : } Q[z] = \sum_{\ell=0}^{M-1} [U_{z_{\ell+1}}(t_{\ell+1}) - U_{z_{\ell}}(t_{\ell+1})]$$

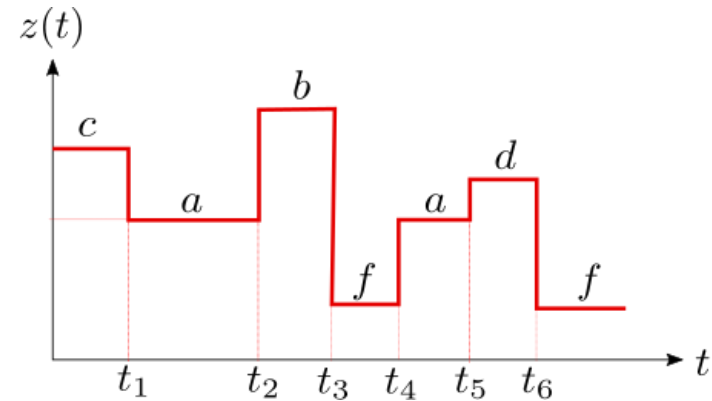
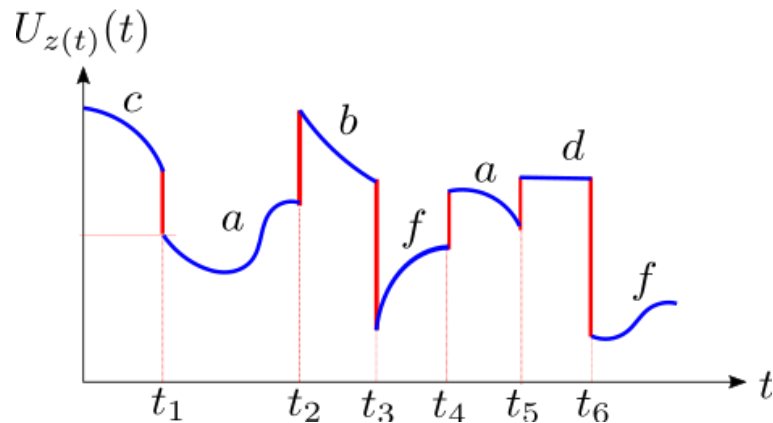
Observable à deux composantes

$$A[z] = \left( \begin{array}{c} \frac{1}{nT} \sum_{\tau \in [0, nT] \mid z(\tau^+) \neq z(\tau^-)} g_{z(\tau^+), z(\tau^-)}(\tau) \\ \frac{1}{nT} \int_0^{nT} d\tau h_{z(\tau)}(\tau) \end{array} \right)$$

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# ET EN PHYSIQUE ?

Énergie de l'état  $i$  :  $U_i(t)$



$$g_{ij}(t) = U_i(t) - U_j(t) \rightarrow \text{Chaleur : } Q[z] = \sum_{\ell=0}^{M-1} [U_{z_{\ell+1}}(t_{\ell+1}) - U_{z_{\ell}}(t_{\ell+1})]$$

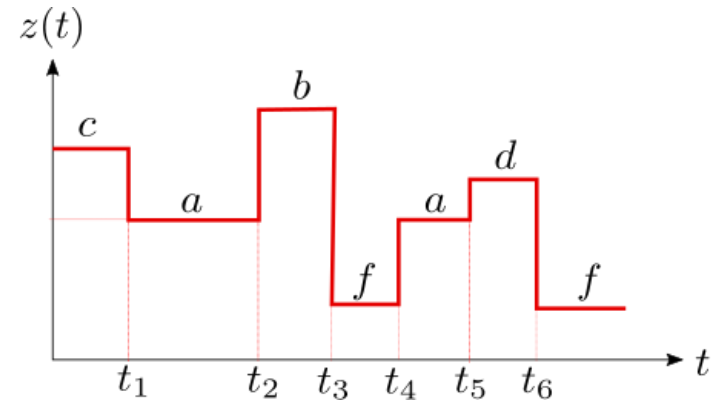
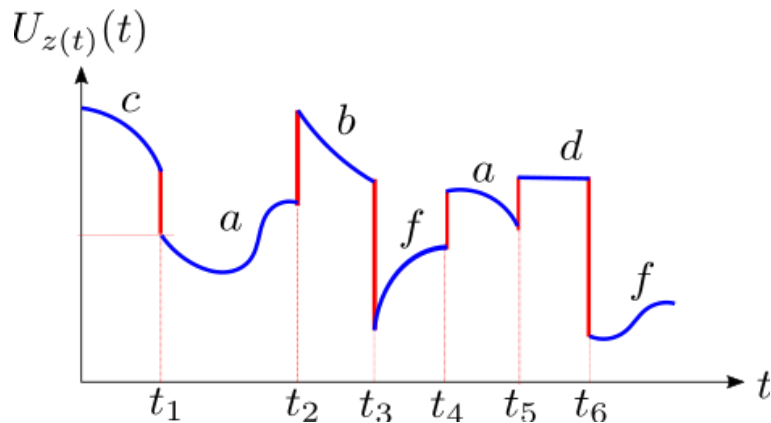
Observable à deux composantes

$$A[z] = \left( \begin{array}{c} \frac{1}{nT} \sum_{\tau \in [0, nT] \mid z(\tau^+) \neq z(\tau^-)} g_{z(\tau^+), z(\tau^-)}(\tau) \\ \frac{1}{nT} \int_0^{nT} d\tau h_{z(\tau)}(\tau) \end{array} \right)$$

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# ET EN PHYSIQUE ?

Énergie de l'état  $i$  :  $U_i(t)$



$$g_{ij}(t) = U_i(t) - U_j(t) \rightarrow \text{Chaleur : } Q[z] = \sum_{\ell=0}^{M-1} [U_{z_{\ell+1}}(t_{\ell+1}) - U_{z_{\ell}}(t_{\ell+1})]$$

Observable à deux composantes

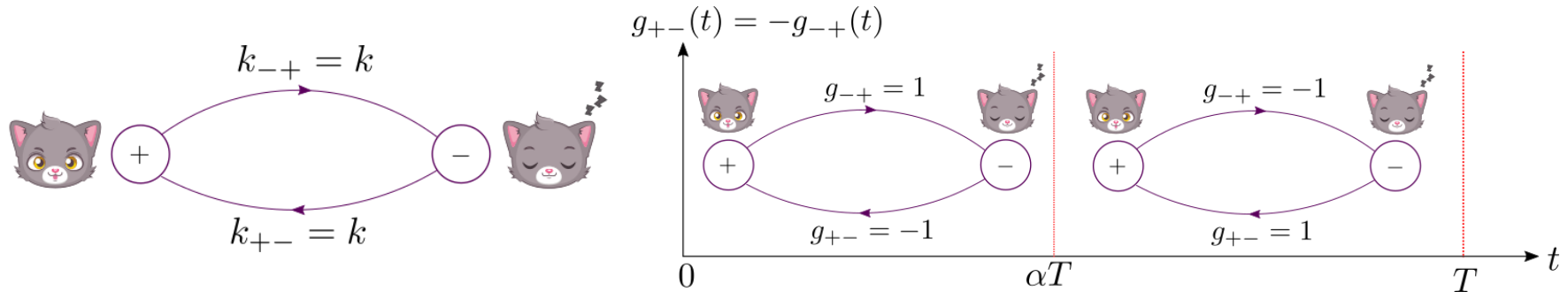
$$A[z] = \left( \begin{array}{c} \frac{1}{nT} \sum_{\tau \in [0, nT] \mid z(\tau^+) \neq z(\tau^-)} g_{z(\tau^+), z(\tau^-)}(\tau) \\ \frac{1}{nT} \int_0^{nT} d\tau h_{z(\tau)}(\tau) \end{array} \right)$$

$$h_i(t) = \partial_t U_i(t) \rightarrow \text{Travail : } W[z] = \int_0^t d\tau \partial_t U_{z(\tau)}(\tau)$$



## II. Présentation de mes travaux de recherche

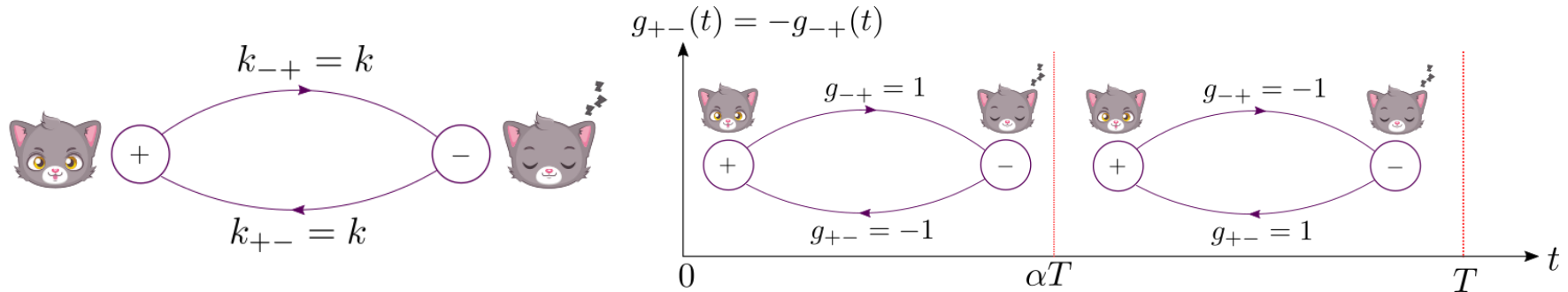
# COMPORTEMENT DANS LA LIMITE DE TEMPS LONG



$$A[z] = \frac{1}{nT} \sum_{t \in [0, nT] \mid z(t^+) \neq z(t^-)} g_{z(t^+), z(t^-)}(t) \longrightarrow \text{Théorie des grandes déviations}$$

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# COMPORTEMENT DANS LA LIMITE DE TEMPS LONG

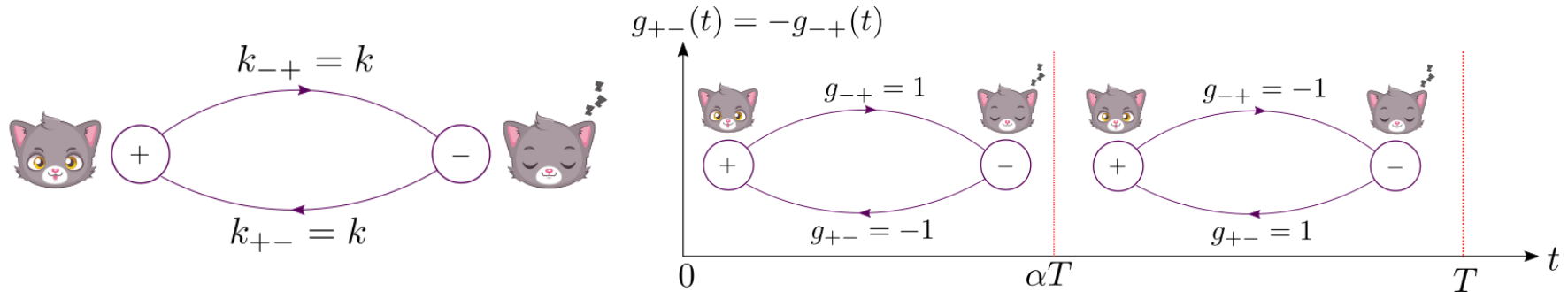


$$A[z] = \frac{1}{nT} \sum_{t \in [0, nT] \mid z(t^+) \neq z(t^-)} g_{z(t^+), z(t^-)}(t) \longrightarrow \text{Théorie des grandes déviations}$$

- $A_t[z] \xrightarrow[t \rightarrow \infty]{} a_{\text{typ}}$

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# COMPORTEMENT DANS LA LIMITE DE TEMPS LONG

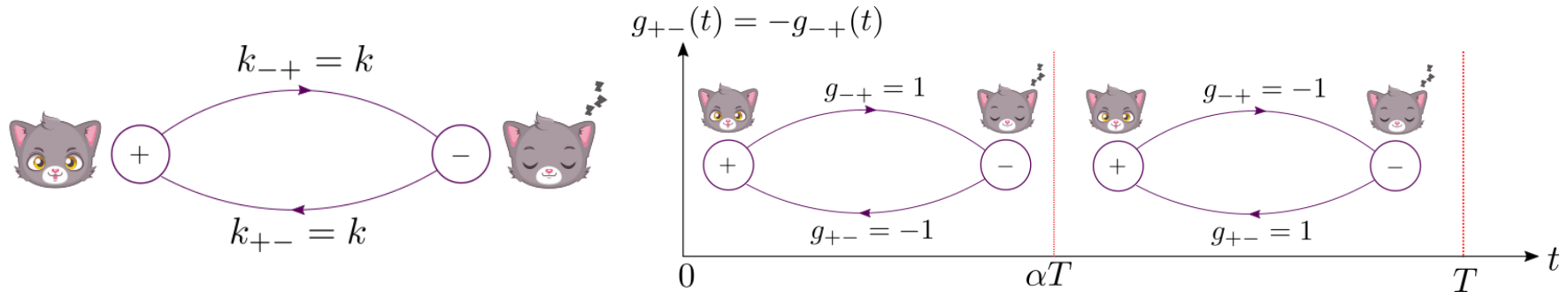


$$A[z] = \frac{1}{nT} \sum_{t \in [0, nT] \mid z(t^+) \neq z(t^-)} g_{z(t^+), z(t^-)}(t) \longrightarrow \text{Théorie des grandes déviations}$$

- $A_t[z] \xrightarrow[t \rightarrow \infty]{} a_{\text{typ}}$
- Ici :  $a_{\text{typ}} = 0$  (sous  $k$ )

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# COMPORTEMENT DANS LA LIMITE DE TEMPS LONG



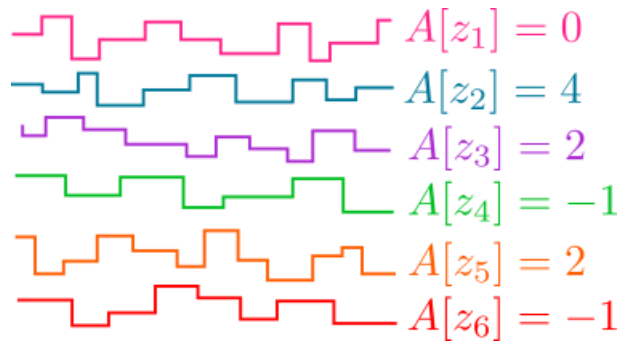
$$A[z] = \frac{1}{nT} \sum_{t \in [0, nT] \mid z(t^+) \neq z(t^-)} g_{z(t^+), z(t^-)}(t) \longrightarrow \text{Théorie des grandes déviations}$$

- $A_t[z] \xrightarrow[t \rightarrow \infty]{} a_{\text{typ}}$
- Ici :  $a_{\text{typ}} = 0$  (sous  $k$ )
- Les valeurs éloignées des valeurs typiques sont appelées “grandes déviations”. Ce sont des fluctuations rares de l’observable.

## II. Présentation de mes travaux de recherche

### PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

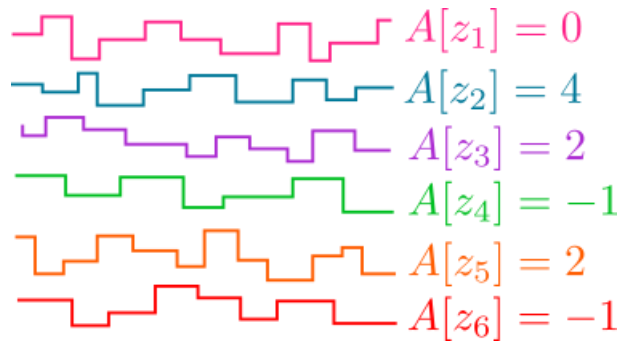
Conditionnement de l'observable sur une grande déviation  
(fluctuation rare)



## II. Présentation de mes travaux de recherche

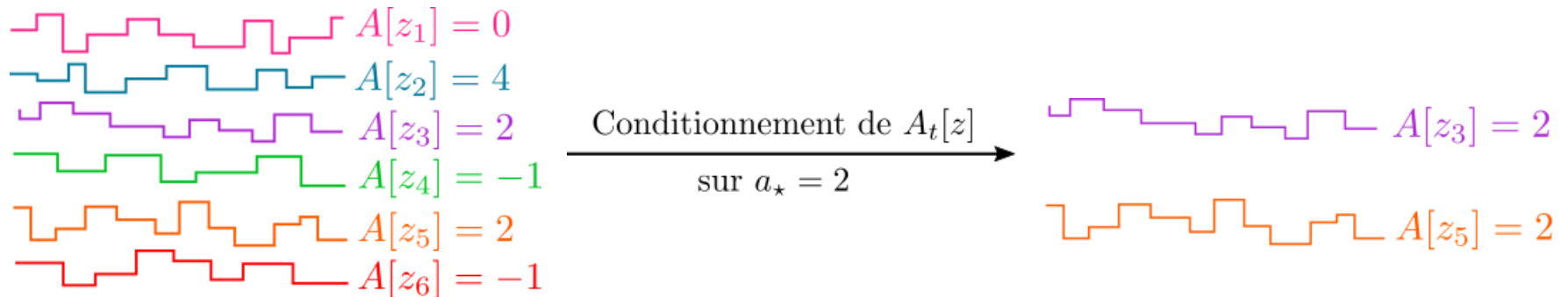
### PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

Conditionnement de l'observable sur une grande déviation  
(fluctuation rare)



# PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

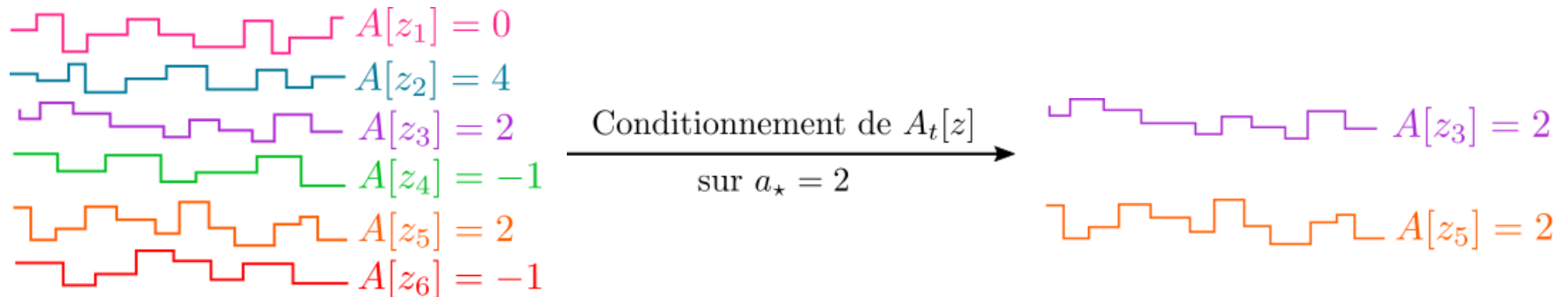
## Conditionnement de l'observable sur une grande déviation (fluctuation rare)



## II. Présentation de mes travaux de recherche

### PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

#### Conditionnement de l'observable sur une grande déviation (fluctuation rare)



**Objectif :** Trouver un **processus de Markov effectif** équivalent au processus conditionné dans la limite des temps longs, i.e. pour lequel la valeur typique de l'observable sous ce nouveau processus vaut la valeur imposée.



## II. Présentation de mes travaux de recherche

### PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

**Objectif** : Trouver un processus de Markov effectif équivalent au processus conditionné dans la limite des temps longs.

## II. Présentation de mes travaux de recherche

### PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

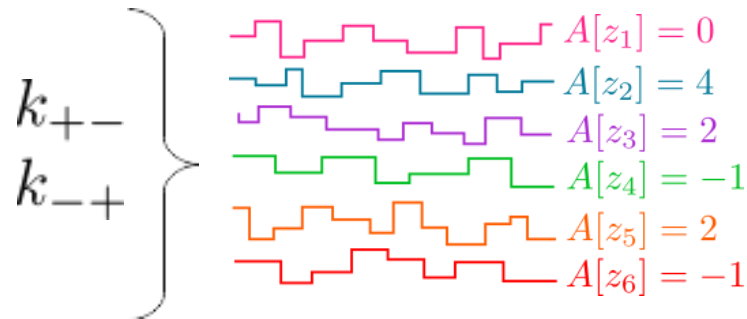
**Objectif** : Trouver un processus de Markov effectif équivalent au processus conditionné dans la limite des temps longs.

$$\left. \begin{array}{l} k_{+-} \\ k_{-+} \end{array} \right\}$$

## II. Présentation de mes travaux de recherche

### PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

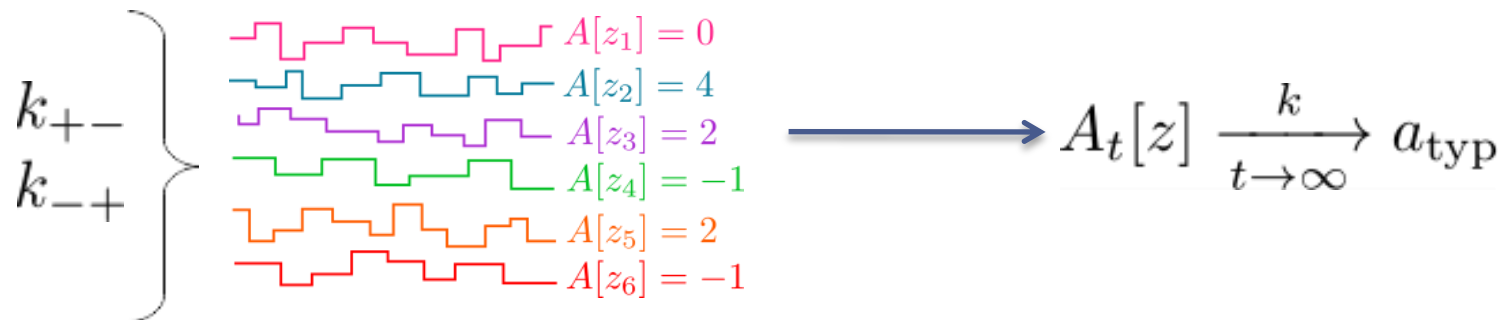
**Objectif :** Trouver un processus de Markov effectif équivalent au processus conditionné dans la limite des temps longs.



## II. Présentation de mes travaux de recherche

### PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

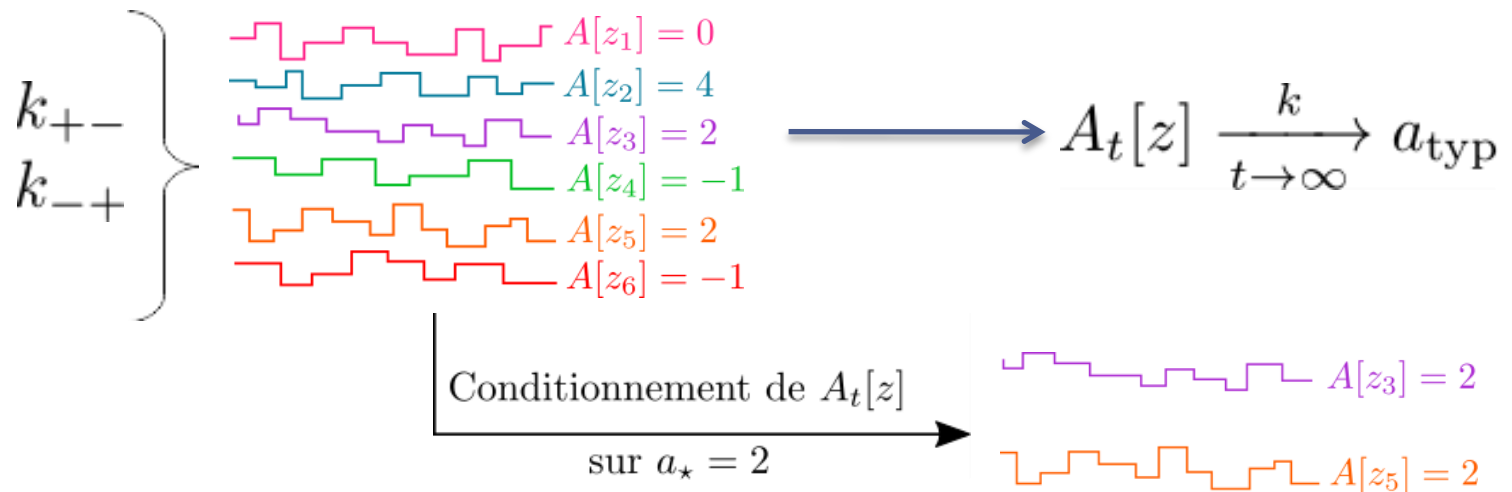
**Objectif :** Trouver un processus de Markov effectif équivalent au processus conditionné dans la limite des temps longs.



## II. Présentation de mes travaux de recherche

### PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

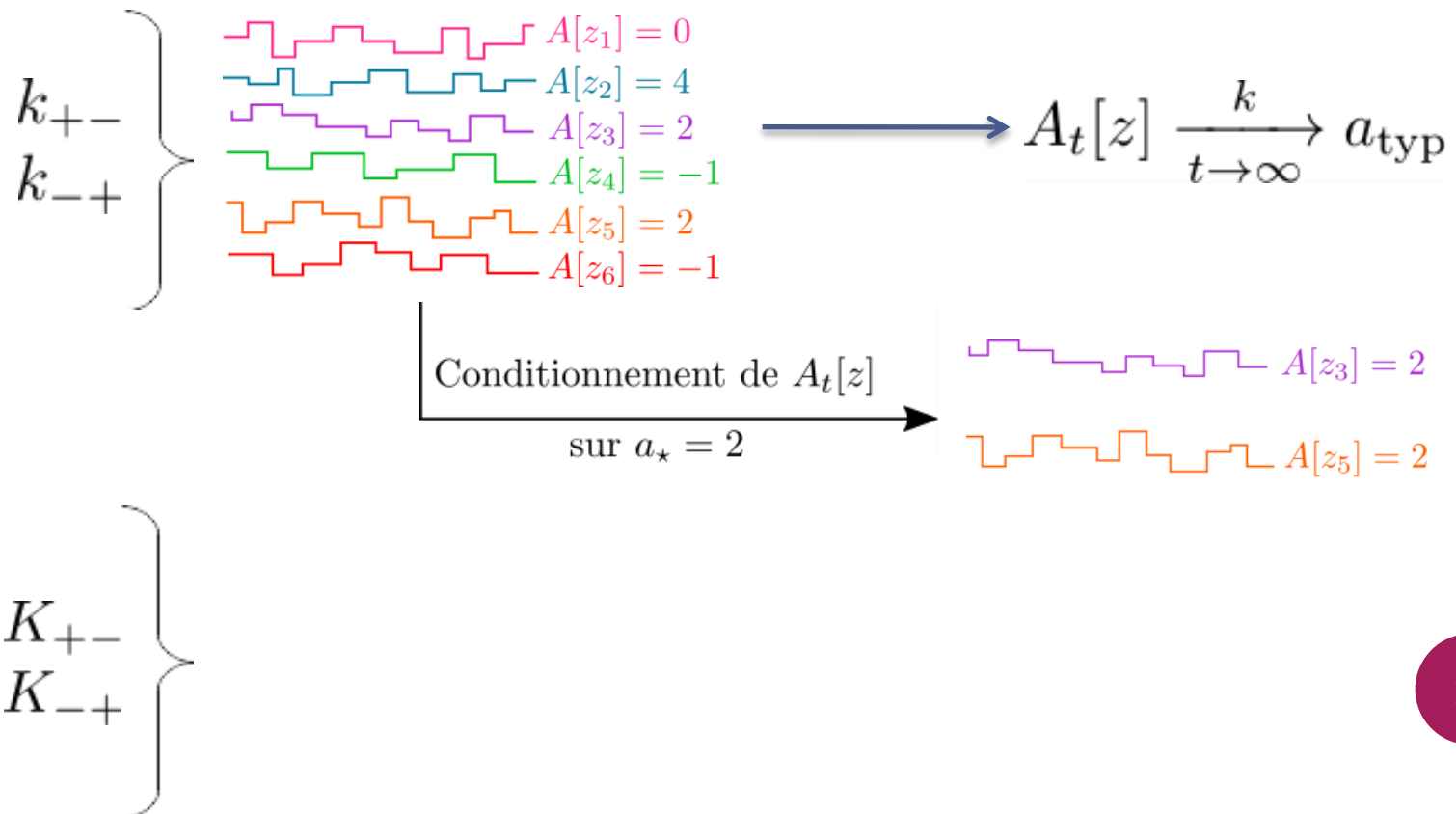
**Objectif :** Trouver un processus de Markov effectif équivalent au processus conditionné dans la limite des temps longs.



## II. Présentation de mes travaux de recherche

### PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

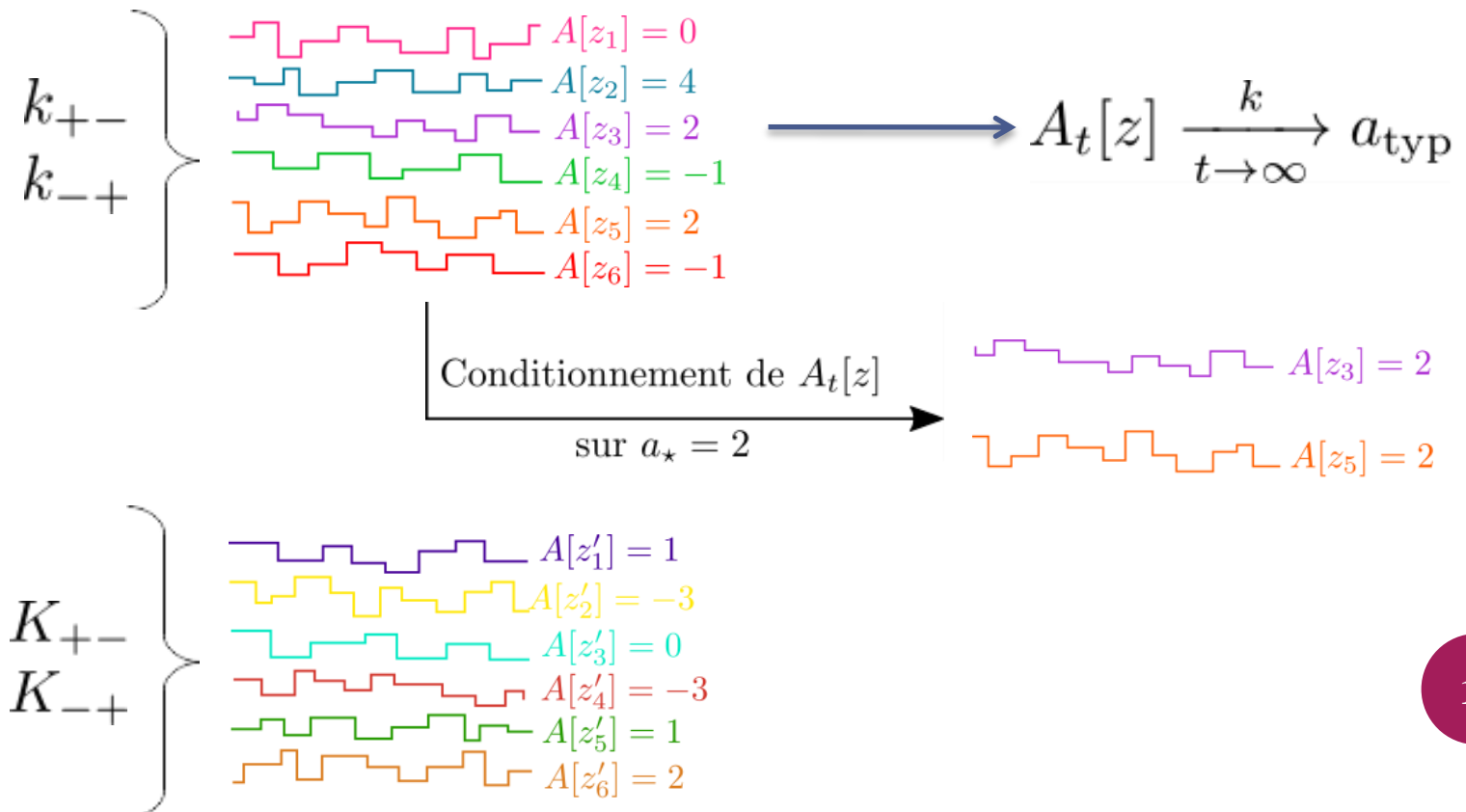
**Objectif :** Trouver un processus de Markov effectif équivalent au processus conditionné dans la limite des temps longs.



## II. Présentation de mes travaux de recherche

### PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

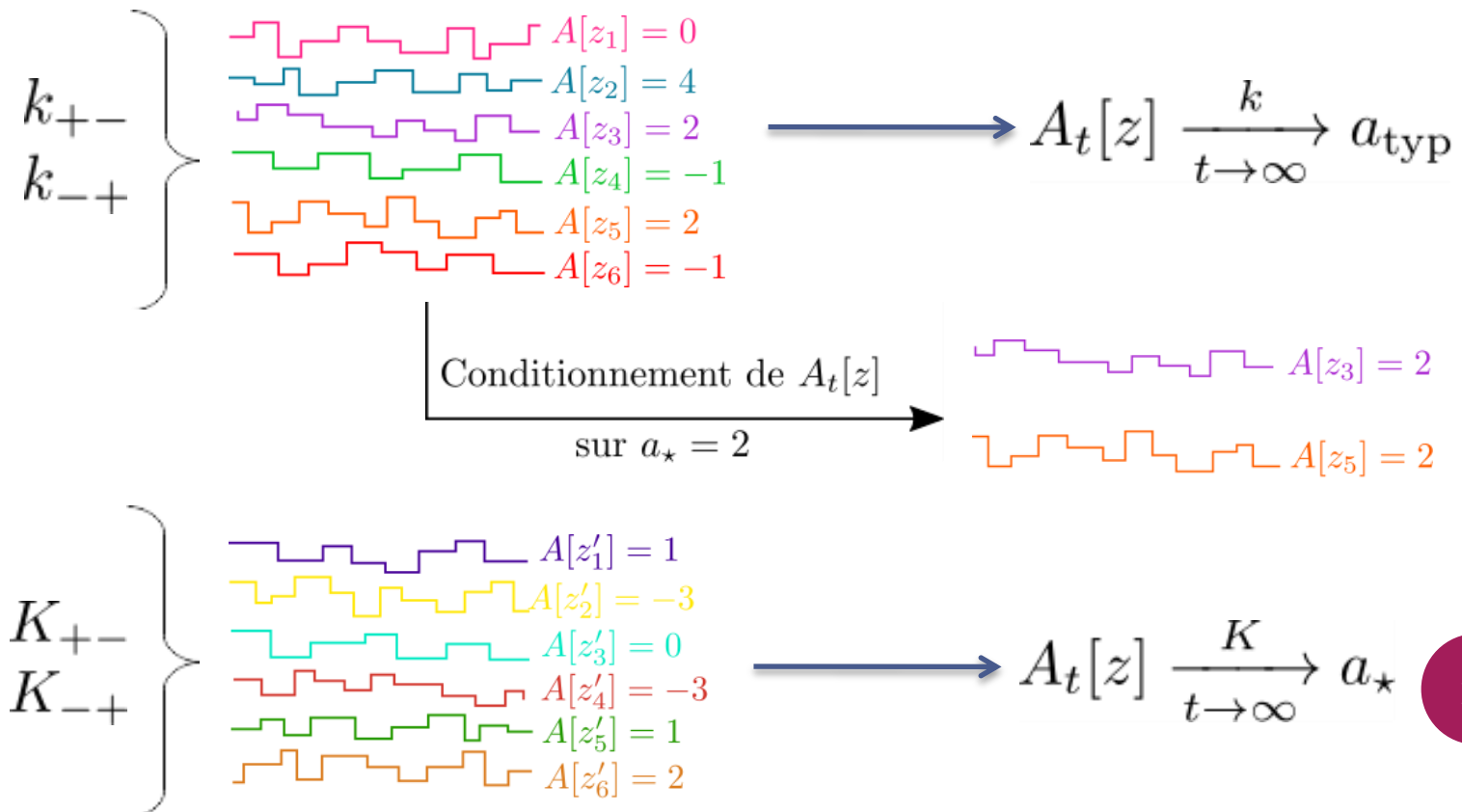
**Objectif :** Trouver un processus de Markov effectif équivalent au processus conditionné dans la limite des temps longs.



## II. Présentation de mes travaux de recherche

### PROBLÉMATIQUE : PROBLÈME DE CONDITIONNEMENT

**Objectif :** Trouver un processus de Markov effectif équivalent au processus conditionné dans la limite des temps longs.





## II. Présentation de mes travaux de recherche

# RÉSOLUTION

Ce problème a été résolu pour :

- Des processus de Markov impliquant des taux de transition indépendants du temps.
- Des observables mettant en jeu des fonctions indépendantes du temps.

# CONTRIBUTION PERSONNELLE

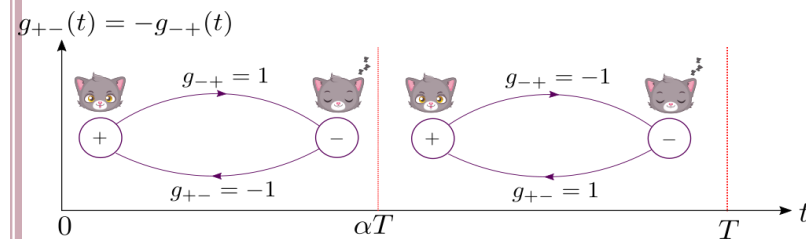
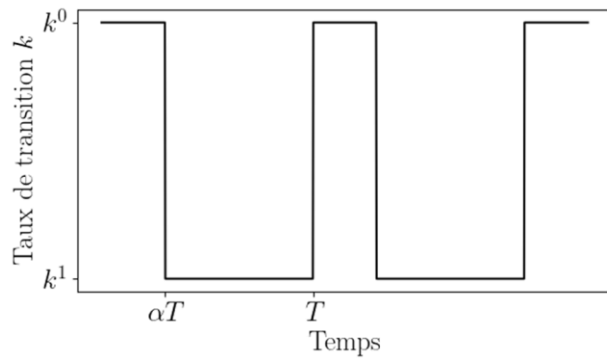
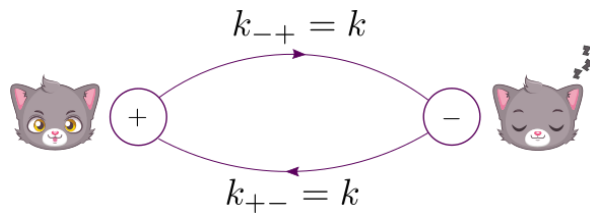
Résolution pour :

- Des processus de Markov impliquant des taux de transition périodiques.
- Des observables mettant en jeu des fonctions périodiques.

## II. Présentation de mes travaux de recherche

# APPLICATION AU CHAT

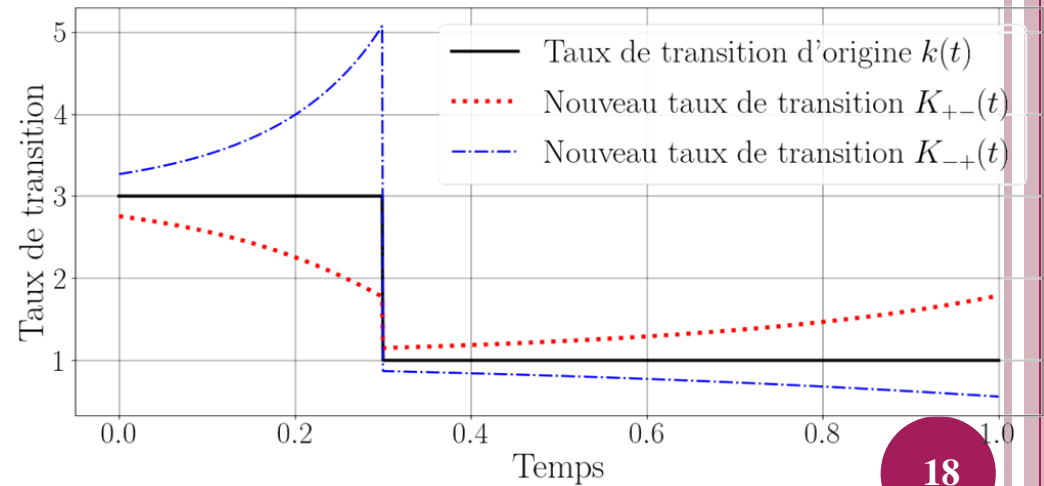
### Taux de transition périodique



### Observable

$$A[z] = \frac{1}{nT} \sum_{t \in [0, nT] \mid z(t^+) \neq z(t^-)} g_{z(t^+), z(t^-)}(t)$$

- Sous  $k$ :  $a_{\text{typ}} = 0$ .
- On conditionne  $A$  sur  $a_{\star} = 0.4$ .



# CONCLUSION

## « De la rareté à la typicité : le parcours improbable d'une grande déviation »

- La grande déviation d'un processus est la valeur typique d'un autre processus.
- Aspect fondamental: généralisation de concepts d'équilibre : ensembles canonique et microcanonique, équivalence d'ensemble.

# CONCLUSION

## « De la rareté à la typicité : le parcours improbable d'une grande déviation »

- La grande déviation d'un processus est la valeur typique d'un autre processus.
- Aspect fondamental: généralisation de concepts d'équilibre : ensembles canonique et microcanonique, équivalence d'ensemble.

Microcanonique: contrainte sur l'énergie

# CONCLUSION

## « De la rareté à la typicité : le parcours improbable d'une grande déviation »

- La grande déviation d'un processus est la valeur typique d'un autre processus.
- Aspect fondamental: généralisation de concepts d'équilibre : ensembles canonique et microcanonique, équivalence d'ensemble.

Microcanonique: contrainte sur l'énergie

# CONCLUSION

## « De la rareté à la typicité : le parcours improbable d'une grande déviation »

- La grande déviation d'un processus est la valeur typique d'un autre processus.
- Aspect fondamental: généralisation de concepts d'équilibre : ensembles canonique et microcanonique, équivalence d'ensemble.

Microcanonique: contrainte sur  
l'énergie

Canonique: on fixe la valeur moyenne  
de l'énergie

# CONCLUSION

## « De la rareté à la typicité : le parcours improbable d'une grande déviation »

- La grande déviation d'un processus est la valeur typique d'un autre processus.
- Aspect fondamental: généralisation de concepts d'équilibre : ensembles canonique et microcanonique, équivalence d'ensemble.

Microcanonique: contrainte sur l'énergie

Canonique: on fixe la valeur moyenne de l'énergie

Équivalence des ensembles canonique et microcanonique dans la limite thermodynamique

# CONCLUSION

## « De la rareté à la typicité : le parcours improbable d'une grande déviation »

- La grande déviation d'un processus est la valeur typique d'un autre processus.
- Aspect fondamental: généralisation de concepts d'équilibre : ensembles canonique et microcanonique, équivalence d'ensemble.

Microcanonique: contrainte sur l'énergie

Canonique: on fixe la valeur moyenne de l'énergie

Équivalence des ensembles canonique et microcanonique dans la limite thermodynamique

Processus conditionné: contrainte sur l'observable



# CONCLUSION

## « De la rareté à la typicité : le parcours improbable d'une grande déviation »

- La grande déviation d'un processus est la valeur typique d'un autre processus.
- Aspect fondamental: généralisation de concepts d'équilibre : ensembles canonique et microcanonique, équivalence d'ensemble.

Microcanonique: contrainte sur l'énergie	Processus conditionné: contrainte sur l'observable
Canonique: on fixe la valeur moyenne de l'énergie	Processus effectif : on fixe la valeur typique de l'observable
Équivalence des ensembles canonique et microcanonique dans la limite thermodynamique	

# CONCLUSION

## « De la rareté à la typicité : le parcours improbable d'une grande déviation »

- La grande déviation d'un processus est la valeur typique d'un autre processus.
- Aspect fondamental: généralisation de concepts d'équilibre : ensembles canonique et microcanonique, équivalence d'ensemble.

Microcanonique: contrainte sur l'énergie	Processus conditionné: contrainte sur l'observable
Canonique: on fixe la valeur moyenne de l'énergie	Processus effectif : on fixe la valeur typique de l'observable
Équivalence des ensembles canonique et microcanonique dans la limite thermodynamique	Equivalence des processus conditionné et effectif dans la limite de temps long

## **II.**

### **2. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche**

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

- **Exemple d'activité :** la réaction chimique: du microscopique au macroscopique
  - **Niveau :** Tle générale – Spécialité de physique-chimie
  - **Format :** séance interactive en groupe en fin de chapitre

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

- **Exemple d'activité : la réaction chimique: du microscopique au macroscopique**
  - **Niveau :** Tle générale – Spécialité de physique-chimie
  - **Format :** séance interactive en groupe en fin de chapitre
  - **Chapitre :** Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation chimique

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

- **Exemple d'activité : la réaction chimique: du microscopique au macroscopique**
  - **Niveau :** Tle générale – Spécialité de physique-chimie
  - **Format :** séance interactive en groupe en fin de chapitre
  - **Chapitre :** Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation chimique

### Cours précédent

#### **Modélisation macroscopique**

- Vitesse de disparition d'un réactif
- Loi d'ordre 1
- Equation d'évolution de la concentration

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

- **Exemple d'activité : la réaction chimique: du microscopique au macroscopique**
  - **Niveau :** Tle générale – Spécialité de physique-chimie
  - **Format :** séance interactive en groupe en fin de chapitre
  - **Chapitre :** Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation chimique

### Cours précédent

#### Modélisation macroscopique

- Vitesse de disparition d'un réactif
- Loi d'ordre 1
- Equation d'évolution de la concentration

### Cours actuel

#### Modélisation microscopique

- Acte élémentaire
- Notion de choc efficace et son caractère aléatoire

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

- **Exemple d'activité : la réaction chimique: du microscopique au macroscopique**
  - **Niveau :** Tle générale – Spécialité de physique-chimie
  - **Format :** séance interactive en groupe en fin de chapitre
  - **Chapitre :** Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation chimique

### Cours précédent

#### Modélisation macroscopique

- Vitesse de disparition d'un réactif
- Loi d'ordre 1
- Equation d'évolution de la concentration

### Cours actuel

#### Modélisation microscopique

- Acte élémentaire
- Notion de choc efficace et son caractère aléatoire



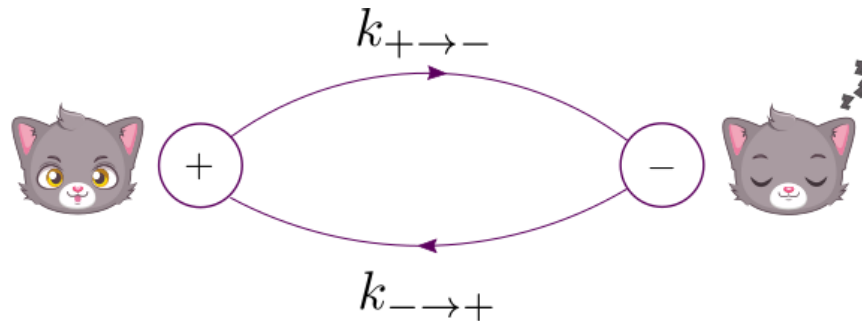


## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

### Partie 1 : Modélisation probabiliste

- **Format :** Discussion en classe entière

**Document introductif :**



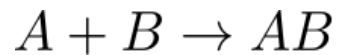
- **Notions introduites :** état, transition, probabilité d'occupation, taux de transition.

Évolution de la probabilité : 
$$\frac{dp_+}{dt} = (k_{-\rightarrow+})p_- - (k_{+\rightarrow-})p_+$$

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

### Partie 2 : Application à une réaction chimique

- **Format:** Travail en autonomie intragroupe.

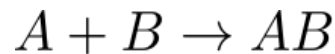


- **Hypothèses :** B en excès. Réaction d'ordre 1.
- **Questions de cours :** Rappeler l'équation d'évolution de la concentration du réactif A.

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

### Partie 2 : Application à une réaction chimique

- **Format:** Travail en autonomie intragroupe.



- **Hypothèses :** B en excès. Réaction d'ordre 1.
- **Questions de cours :** Rappeler l'équation d'évolution de la concentration du réactif A.
- **Objectif :** Modéliser cette réaction en utilisant des probabilités.

**Système**  
Molécule A

**Etats**  
Libre (1) ou Lié (2)

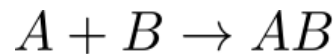
**Transition**  
1 vers 2

**Taux de transition**  
 $k_{1 \rightarrow 2} = k$   
 $k_{2 \rightarrow 1} = 0$

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

### Partie 2 : Application à une réaction chimique

- **Format:** Travail en autonomie intragroupe.



- **Hypothèses :** B en excès. Réaction d'ordre 1.
- **Questions de cours :** Rappeler l'équation d'évolution de la concentration du réactif A.
- **Objectif :** Modéliser cette réaction en utilisant des probabilités.

**Système**  
Molécule A

**Etats**  
Libre (1) ou Lié (2)

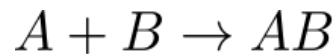
**Transition**  
1 vers 2

**Taux de transition**  
 $k_{1 \rightarrow 2} = k$   
 $k_{2 \rightarrow 1} = 0$

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

### Partie 2 : Application à une réaction chimique

- **Format:** Travail en autonomie intragroupe.



- **Hypothèses :** B en excès. Réaction d'ordre 1.
- **Questions de cours :** Rappeler l'équation d'évolution de la concentration du réactif A.
- **Objectif :** Modéliser cette réaction en utilisant des probabilités.

**Système**  
Molécule A

**Etats**  
Libre (1) ou Lié (2)

**Transition**  
1 vers 2

**Taux de transition**  
 $k_{1 \rightarrow 2} = k$   
 $k_{2 \rightarrow 1} = 0$

Évolution de la probabilité :  $\frac{dp_1}{dt} = k_{2 \rightarrow 1}p_2 - k_{1 \rightarrow 2}p_1$

$$\frac{dp_1}{dt} = -kp_1$$

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

### Partie 3 : Lien avec la chimie

- **Objectif :** Faire le lien entre les descriptions microscopique et macroscopique.
- **Format :** Analyse documentaire. Travail guidé intra-groupe.  
Restitution : discussion/débat intergroupe.

#### **Document :** Loi des grands nombres

On note  $p$  la probabilité d'obtenir *pile*. On effectue  $N$  lancers.

On note  $n_{pile}$  le nombre d'apparition de *pile*.

La fréquence d'apparition de *pile* est  $f_{pile} = \frac{n_{pile}}{N}$ .

Lorsque  $N$  est grand, la fréquence  $f_{pile}$  est proche de la probabilité  $p$ .

**Conséquence** Lorsque  $N$  devient grand, on peut prédire le résultat de l'expérience : on perd son caractère aléatoire.



## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

### Partie 3 : Lien avec la chimie

#### Application à la réaction chimique

- La probabilité qu'une molécule  $A$  soit dans l'état 1 (libre) est  $p_1$ .
- Le nombre total de molécules  $A$  est  $N$ .
- On note  $n_1$  le nombre de molécules  $A$  dans l'état 1.
- La fraction de molécules  $A$  dans l'état 1 est  $f_1 = \frac{n_1}{N}$ .
- Lorsque  $N$  est grand,  $f_1 \simeq p_1$ .
- L'équation différentielle sur  $p_1$  implique alors  $\frac{dn_1}{dt} = -kn_1$ .

**Conclusion :** Restitution générale, discussion physique

### **III. Ma mission doctorale**



### III. Présentation de ma mission doctorale

## LA MISS

**M**aison d'**I**nitiation et de **S**ensibilisation aux **S**ciences



- Du CE2 à la 3<sup>ème</sup>.
- Divers ateliers: maths, physique, SVT, histoire, etc.

### III. Présentation de ma mission doctorale

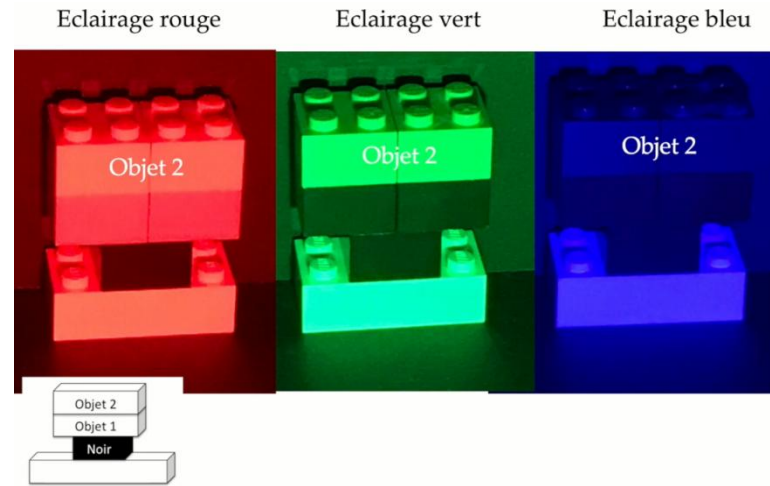
(CE2 à la 6<sup>e</sup>)

## EXEMPLE D'ATELIER : COULEURS DU NANO-MONDE

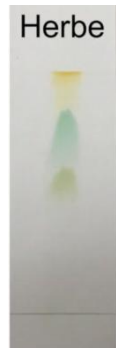
### Vision des couleurs



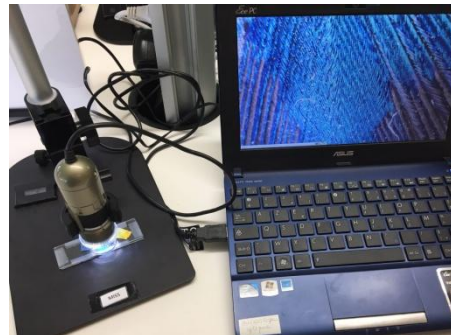
### Couleur des objets



### Couleur pigmentaire



### Couleur structurale



## I. Mon parcours

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

- **En pratique :**
  - Mettre en place une séance de TP
  - Gestion d'une classe, gestion du temps
- **Vis-à-vis de l'équipe pédagogique**
  - Travail d'équipe et coordination
- **Compétence de pédagogie**
  - Utilisation de nouveaux outils d'apprentissage
  - Méthodologie d'enseignement basée sur la démarche scientifique

**Merci pour votre attention !**



## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

### Activité 3 : Et pour plusieurs molécules ?

- **Hypothèses :** B en excès. Réaction d'ordre 1. N molécules A.
- **Problématique:** Lorsque N est grand, l'étude devient difficile
- **Analogie avec des LEDs de couleur :**



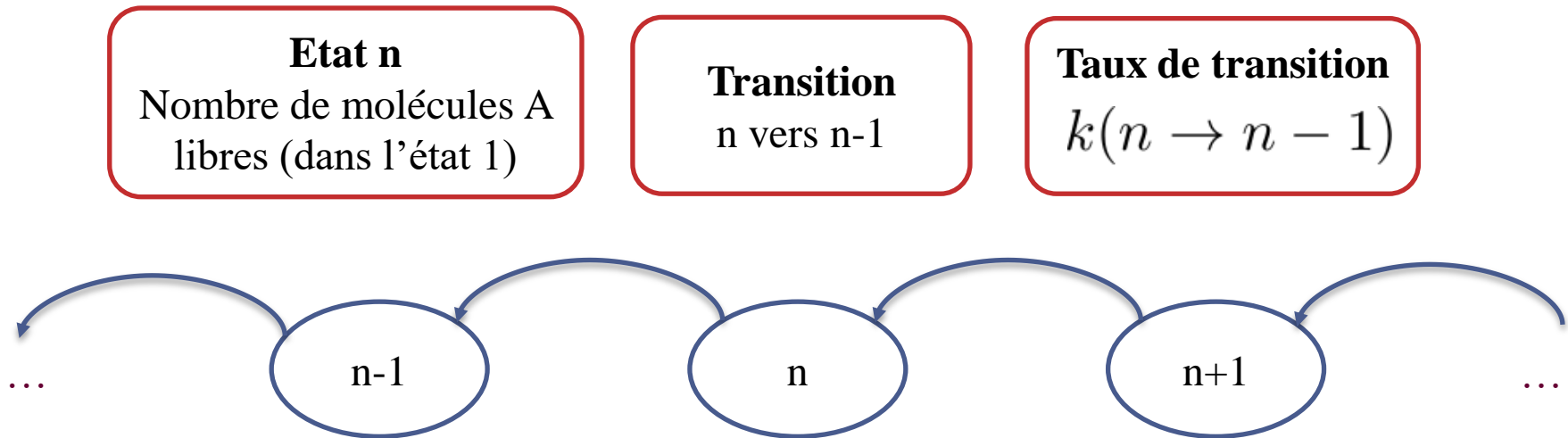
- **Solution :** Etudier le nombre de LED dans chaque couleur
- **Objectif :** Modéliser la réaction dans ce nouveau cadre.
- **Format:** Travail guidé intra-groupe.

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

### Activité 3 : Et pour plusieurs molécules ?

- **Objectif :** Modéliser la réaction dans ce nouveau cadre.
- **Format :** Alternance entre discussion en classe entière et travail par groupe.



Évolution de la probabilité :

$$\frac{dp_n}{dt} = k(n+1 \rightarrow n)p_{n+1} - k(n \rightarrow n-1)p_n$$

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

<b>Introduction:</b> Animation <a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_en.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_en.html</a>	Amener les élèves à identifier les différentes formes d'énergie ainsi que les conversions d'énergie en jeu.
<b>Question :</b> Quels sont les deux modes de transfert d'énergie ?	Discussion entre les élèves pour arriver à une réponse.
<b>Manipulation qualitative :</b> Glaçon que l'on fait tomber, puis que l'on pose sur une table immobile.  <b>Questions:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Quelles sont les énergies mises en jeu (cinétique, potentielle de pesanteur) ?</li><li>- Y-a-t-il une énergie lorsque le glaçon est immobile ?</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Montrer des images/vidéos de différentes situations et demander de classer les énergies en jeu (cinétique/potentielle, microscopique/macroscopique).</li><li>- Amener les élèves à la notion d'énergie interne.</li></ul>



# PLAN

## I. Mon parcours

- Scolaire et professionnel
- Activités diverses : mise en perspective didactique

## II. Mes travaux de recherche

- Présentation
- Mise en perspective didactique

## III. Ma mission doctorale

- Présentation
- Mise en perspective didactique

## I. Mon parcours

# ACTIVITÉS DIVERSES

- **Projet de vulgarisation scientifique (L3)**



Pourquoi le métal semble plus froid que le plastique ?

A

• Ils n'ont pas la même densité

B

• Ils ne conduisent pas la chaleur de la même manière

C

• Ils n'ont pas la même température

D

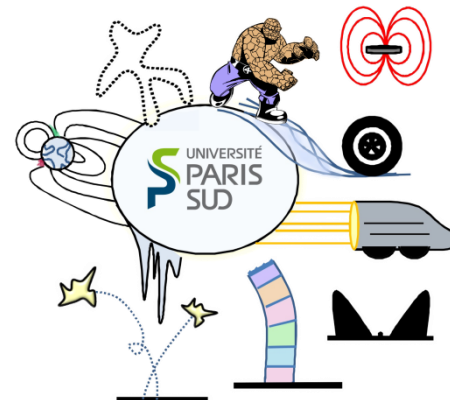
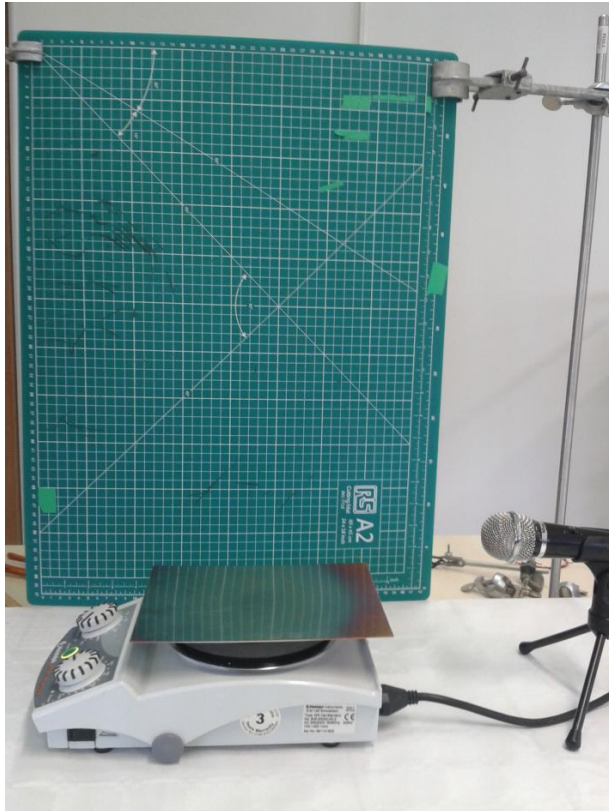
• La réponse D



## I. Mon parcours

# ACTIVITÉS DIVERSES

- Participation au french physicists' tournament



## **I. Mon parcours**

# **RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE**

- **Mise en œuvre de méthodes pédagogiques innovantes**
  - Utilisation de nouveaux outils
  - Apprentissage à travers des projets de groupe originaux
- **Tournois intra/inter établissements/Olympiades de Physique**

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

- **Exemple d'activité : premier principe de la thermodynamique**
  - ♦ **Niveau :** Tle générale – Spécialité de physique-chimie
  - ♦ **Chapitre :** L'énergie : conversions et transferts
  - ♦ **Partie :** Effectuer des bilans d'énergie sur un système : le premier principe de la thermodynamique
  - ♦ **Format :** Activité interactive en groupe en amont du cours sur le premier principe.

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

### Activité 1 : Énergie: forme, conversion et transfert

1. **Jeu de questions/réponses.** Objectif : comprendre la différence entre les trois notions.
2. **Animation** : [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_en.html)
  - Identifier des formes d'énergie
  - Identifier des conversions d'énergie.
  - Identifier des transfert d'énergie.

**Transition** : deux modes de transfert d'énergie.

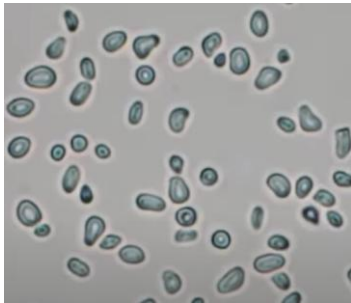
## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

### Activité 2 : Transfert d'énergie : étude documentaire

**Doc 1** : Définition du travail

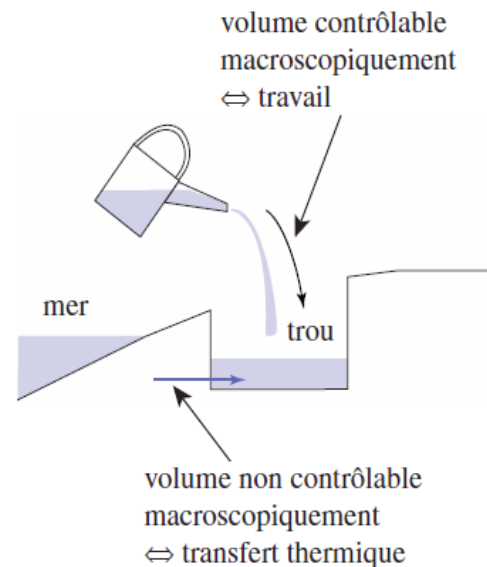
**Doc 2** : Vidéo sur l'agitation thermique



<https://www.youtube.com/watch?v=R5t-oA796to>

**Doc 3** : Définition du transfert thermique

**Doc 4** : Analogie hydraulique



- Donner des exemples de travail et de transfert thermique dans la vie de tous les jours.

## II. Mise en perspective didactique de mes travaux de recherche

# RÉINVESTISSEMENT EN TANT QU'ENSEIGNANTE

### Activité 3 : Énergie interne



1. **Temps de réflexion par groupe :** Y-a-t-il une énergie mise en jeu ?
2. **Discussion/débat intergroupe :**
  - Définir l'énergie interne.
  - Montrer des images/vidéos de différentes situations et demander de classer les énergies en jeu (cinétique/potentielle, microscopique/macrosopique).
3. **Restitution :** Document-réponse.





### III. Présentation de ma mission doctorale

## LA MISS

Maison d'I**n**itiation et de S**e**nsibilisation aux S**c**iences

