

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

# Le temps : une valse à trois temps

Journées nationales de l'APMEP de Besançon, Octobre 2007

Michel Mizony

Institut Camille Jordan, CNRS UMR 5208, et IREM, Université Lyon 1

mizony@univ-lyon1.fr

Les mathématiciens-philosophes et le temps



# Objectif

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

## Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

## Objectif de l'atelier :

Chaque participant partagera ses connaissances sur un (ou deux) mathématicien-philosophe ou philosophe-mathématicien dont les positions sur le concept de temps l'ont particulièrement intéressé. Peut-être sera-t-il possible, à l'issue de l'atelier, de dresser une typologie à partir des positions de ces savants.

# Objectif

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

## Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

## Objectif de l'atelier :

Chaque participant partagera ses connaissances sur un (ou deux) mathématicien-philosophe ou philosophe-mathématicien dont les positions sur le concept de temps l'ont particulièrement intéressé. Peut-être sera-t-il possible, à l'issue de l'atelier, de dresser une typologie à partir des positions de ces savants.

Affirmation : **Le temps n'existe pas en soi.**

# Objectif

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

## Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

## Objectif de l'atelier :

Chaque participant partagera ses connaissances sur un (ou deux) mathématicien-philosophe ou philosophe-mathématicien dont les positions sur le concept de temps l'ont particulièrement intéressé. Peut-être sera-t-il possible, à l'issue de l'atelier, de dresser une typologie à partir des positions de ces savants.

Affirmation : **Le temps n'existe pas en soi.**

C'est un apport de Zénon d'Elée, relayé par Aristote, puis repris par Avicenne et Thomas d'Aquin. Puis Leibniz, Kant, puis bien d'autres, comme H. Poincaré et G.G. Granger.

# Trois définitions du temps

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

- La variable, dite temporelle, notée  $t$  (et son instantanéité  $dt$ ) qui est un concept **mathématique**.

# Trois définitions du temps

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

- La variable, dite temporelle, notée  $t$  (et son instantanéité  $dt$ ) qui est un concept **mathématique**.
- Les multiples horloges **des physiciens** qui comptent à partir de régularités (phénomènes périodiques).

# Trois définitions du temps

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

- La variable, dite temporelle, notée  $t$  (et son instantanéité  $dt$ ) qui est un concept **mathématique**.
- Les multiples horloges **des physiciens** qui comptent à partir de régularités (phénomènes périodiques).
- Le concept **philosophique** de temps (noumène selon Kant).

# Interrogations

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le temps est-il une chose ?



# Interrogations

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le temps est-il une chose ? Est-ce une idée ? Est-ce un concept ?

# Interrogations

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le temps est-il une chose ? Est-ce une idée ? Est-ce un concept ?

Est-ce plutôt un a priori de notre sensibilité, pour parler comme Kant ?

# Interrogations

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le temps est-il une chose ? Est-ce une idée ? Est-ce un concept ?

Est-ce plutôt un a priori de notre sensibilité, pour parler comme Kant ? N'est-ce qu'un mot ?

N'existe-t-il que dans l'âme, comme le pensait saint Augustin ?

# Interrogations

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le temps est-il une chose ? Est-ce une idée ? Est-ce un concept ?

Est-ce plutôt un a priori de notre sensibilité, pour parler comme Kant ? N'est-ce qu'un mot ?

N'existe-t-il que dans l'âme, comme le pensait saint Augustin ?

Est-il un pur produit de la conscience, comme le croyait Husserl? ...

# Interrogations

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le temps est-il une chose ? Est-ce une idée ? Est-ce un concept ?

Est-ce plutôt un a priori de notre sensibilité, pour parler comme Kant ? N'est-ce qu'un mot ?

N'existe-t-il que dans l'âme, comme le pensait saint Augustin ?

Est-il un pur produit de la conscience, comme le croyait Husserl? ...

Qu'est-ce l'espace ? Qu'est-ce l'énergie ? .

E. KLEIN.

# La variable temporelle mathématique

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

## Le corps des réels $\mathbb{R}$

# La variable temporelle mathématique

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le corps des réels  $\mathbb{R}$  et celui des réels non standards  $\mathbb{R}^*$

# La variable temporelle mathématique

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le corps des réels  $\mathbb{R}$  et celui des réels non standards  $\mathbb{R}^*$   
Les mathématiques aujourd'hui nous disent que ce concept de temps mathématique ne peut correspondre à aucune réalité temporelle objective. Ces différents temps mathématiques possibles sont des productions de l'esprit humain, ils ont une réalité subjective.



# La variable temporelle mathématique

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le corps des réels  $\mathbb{R}$  et celui des réels non standards  $\mathbb{R}^*$   
Les mathématiques aujourd'hui nous disent que ce concept de temps mathématique ne peut correspondre à aucune réalité temporelle objective. Ces différents temps mathématiques possibles sont des productions de l'esprit humain, ils ont une réalité subjective.  
 $t$  est un mot d'un langage qui sert à **se comprendre, se repérer,**

# La variable temporelle mathématique

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le corps des réels  $\mathbb{R}$  et celui des réels non standards  $\mathbb{R}^*$   
Les mathématiques aujourd'hui nous disent que ce concept de temps mathématique ne peut correspondre à aucune réalité temporelle objective. Ces différents temps mathématiques possibles sont des productions de l'esprit humain, ils ont une réalité subjective.  
 $t$  est un mot d'un langage qui sert à **se comprendre, se repérer**, à échanger et transmettre des informations.

# Les horloges physiques

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

En relativité il y a un **ralentissement des horloges**.

# Les horloges physiques

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

En relativité il y a un **ralentissement des horloges**. Est-ce à dire  
qu'il y a **ralentissement du temps** ?

# Les horloges physiques

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

En relativité il y a un **ralentissement des horloges**. Est-ce à dire  
qu'il y a **ralentissement du temps** ?  
Le paradoxe des jumeaux ...

# Les horloges physiques

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

En relativité il y a un **ralentissement des horloges**. Est-ce à dire qu'il y a **ralentissement du temps** ?

Le paradoxe des jumeaux ...

Les paradoxes de **Zénon**.

# Les horloges physiques

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

En relativité il y a un **ralentissement des horloges**. Est-ce à dire qu'il y a **ralentissement du temps** ?

Le paradoxe des jumeaux ...

Les paradoxes de **Zénon**.

" Zénon nous montre qu'espace et temps, qu'ils soient divisibles à l'infini (continus) ou composés d'indivisibles, d'atomes, ne peuvent pas nous permettre de penser logiquement le mouvement, phénomène que tout un chacun peut constater. Ce n'est donc, pour lui, qu'une illusion." **M. Fréchet**.

# Les horloges physiques

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

En relativité il y a un **ralentissement des horloges**. Est-ce à dire qu'il y a **ralentissement du temps** ?

Le paradoxe des jumeaux ...

Les paradoxes de **Zénon**.

" Zénon nous montre qu'espace et temps, qu'ils soient divisibles à l'infini (continus) ou composés d'indivisibles, d'atomes, ne peuvent pas nous permettre de penser logiquement le mouvement, phénomène que tout un chacun peut constater.

Ce n'est donc, pour lui, qu'une illusion." **M. Fréchet**.

Ainsi, si le temps a une objectivité physique il ne peut être ni continu, ni discret, ... ni non standard, ni ... .



# Sur le concept philosophique du temps : noumène

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Dictionnaire : **Noumène** : du grec noomenon, chose connue par la raison. Par opposition à **phénomène**, chose telle qu'elle nous apparaît.

# Sur le concept philosophique du temps : noumène

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Dictionnaire : **Noumène** : du grec noomenon, chose connue par la raison. Par opposition à **phénomène**, chose telle qu'elle nous apparaît.

Pour qu'une observation devienne objective, i.e. un phénomène, il faut qu'elle soit le résultat d'une expérience et donc de mesures.

Pour Kant, les concepts d'espace et de temps ne peuvent être objets d'expérimentations, ce ne sont pas des phénomènes, ce sont des noumènes.

# Sur le concept philosophique du temps : noumène

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Dictionnaire : **Noumène** : du grec noomenon, chose connue par la raison. Par opposition à **phénomène**, chose telle qu'elle nous apparaît.

Pour qu'une observation devienne objective, i.e. un phénomène, il faut qu'elle soit le résultat d'une expérience et donc de mesures.

Pour Kant, les concepts d'espace et de temps ne peuvent être objets d'expérimentations, ce ne sont pas des phénomènes, ce sont des noumènes.

Le temps ne peut être défini qu'en référence à lui-même!

# Sur le concept philosophique du temps : noumène

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Dictionnaire : **Noumène** : du grec noomenon, chose connue par la raison. Par opposition à **phénomène**, chose telle qu'elle nous apparaît.

Pour qu'une observation devienne objective, i.e. un phénomène, il faut qu'elle soit le résultat d'une expérience et donc de mesures.

Pour Kant, les concepts d'espace et de temps ne peuvent être objets d'expérimentations, ce ne sont pas des phénomènes, ce sont des noumènes.

**Le temps ne peut être défini qu'en référence à lui-même!** L'ordre des successions reçoit sa raison d'être de ce qui se succède, l'ordre des coexistences reçoit sa raison d'être de ce qui coexiste" (G. Deleuze).

# En résumé

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le temps ne peut être une réalité objective

# En résumé

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le temps ne peut être une réalité objective

- pour des raisons internes aux mathématiques

# En résumé

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le temps ne peut être une réalité objective

- pour des raisons internes aux mathématiques
- pour des raisons internes à la physique

# En résumé

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le temps ne peut être une réalité objective

- pour des raisons internes aux mathématiques
- pour des raisons internes à la physique
- pour des raisons internes à la philo.



# En résumé

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Le temps ne peut être une réalité objective

- pour des raisons internes aux mathématiques
- pour des raisons internes à la physique
- pour des raisons internes à la philo.



# Intermède : La chauve-souris

Prenons le célèbre exemple de la chauve-souris; cet animal aveugle "voit" (avec son sonar et ses oreilles) en 6 dimensions ; supposons que la gente des chauves-souris ait la même intelligence que l'espèce humaine. Que s'est-il passé ? Chauve-Einstein a mis au point une théorie de la gravitation sur une variété d'évolution de dimension 7 et un espace des mouvements de dimension 6.

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

# Intermède : La chauve-souris

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Prenons le célèbre exemple de la chauve-souris; cet animal aveugle "voit" (avec son sonar et ses oreilles) en 6 dimensions ; supposons que la gente des chauves-souris ait la même intelligence que l'espèce humaine. Que s'est-il passé ? Chauve-Einstein a mis au point une théorie de la gravitation sur une variété d'évolution de dimension 7 et un espace des mouvements de dimension 6.

Quelque temps plus tard, Chauve-Souriau qui avait remarqué que l'espèce humaine ne voyait qu'en trois dimensions, s'est posé la question d'écrire cette belle théorie en dimension  $3+1$ ; bien lui en a pris, et il a mis au point une réécriture de la théorie de la gravitation qu'il a appelé gravitation humaine compatible ; puis il s'est rappelé d'une lecture d'un livre qu'il avait parcouru dans sa jeunesse, écrit par un certain Chauve-Poincaré qui prônait un pluralisme théorique auquel il n'avait pas compris grand-chose. Ce fut un éblouissement. Pour deux de ses collègues, Chauve-Marc et Chauve-Michel, l'un fut sceptique l'autre emballé.

J.M. Souriau: *Structure des systèmes dynamiques*, Dunod, 1970.

# Du temps à un espace-temps

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Sans peine, on peut remplacer les concepts kantien d'espace et de temps par celui d'espace-temps.

- 1 Le concept mathématique ne change pas : on remplace  $t$  par  $(x, t)$ .

# Du temps à un espace-temps

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Sans peine, on peut remplacer les concepts kantien d'espace et de temps par celui d'espace-temps.

- 1 Le concept mathématique ne change pas : on remplace  $t$  par  $(x, t)$ .
- 2 Le concept philosophique est le même : un noumène.

# Du temps à un espace-temps

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Sans peine, on peut remplacer les concepts kantien d'espace et de temps par celui d'espace-temps.

- 1 Le concept mathématique ne change pas : on remplace  $t$  par  $(x, t)$ .
- 2 Le concept philosophique est le même : un noumène.
- 3 Pour le concept physique il faut ajouter aux horloges d'autres grandeurs mesurables.

# Du temps à un espace-temps

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Sans peine, on peut remplacer les concepts kantien d'espace et de temps par celui d'espace-temps.

- 1 Le concept mathématique ne change pas : on remplace  $t$  par  $(x, t)$ .
- 2 Le concept philosophique est le même : un noumène.
- 3 Pour le concept physique il faut ajouter aux horloges d'autres grandeurs mesurables.
- 4 C'est généralisable à tout espace de représentation d'un domaine phénoménal.

# L'apport de Poincaré

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

Poincaré, prenant en compte le fait qu'il a été démontré au 19ème siècle que les géométries non-euclidiennes ne sont pas en contradiction avec la géométrie euclidienne, nous dit que si on choisit a priori un espace-temps plat, alors on peut également choisir un espace-temps courbe pour représenter le même domaine phénoménal et ce sans changer les expériences possibles; seule la langue change pour exprimer les lois et les résultats.

*" L'expérience ne peut décider entre Euclide et Lobatchevsky. Les expériences ne nous font connaître que les rapports des corps entre eux ; aucune d'elles ne porte, ni ne peut porter, sur les rapports des corps avec l'espace, ou sur les rapports mutuels des diverses parties de l'espace."*

C'est le **pluralisme théorique** qui repose sur des résultats mathématiques; cela permet de compléter les apports de Kant.



Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

## ■ La phrase d'Aristote

" Le temps est le nombre du mouvement selon l'avant et l'après."

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

## ■ La phrase d'Aristote

" Le temps est le nombre du mouvement selon l'avant et l'après."  
variable mathématique

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

## ■ La phrase d'Aristote

" Le temps est le nombre du mouvement selon l'avant et l'après."  
variable mathématique                      chronologie

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

## ■ La phrase d'Aristote

" Le temps est le nombre du mouvement selon l'avant et l'après."  
**variable mathématique** **chronologie**

< — — — objet de la physique, via des horloges — — — >

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

## ■ La phrase d'Aristote

" Le temps est le nombre du mouvement selon l'avant et l'après."  
**variable mathématique** **chronologie**

< — — — objet de la physique, via des horloges — — — >

## ■ L'*a priori* kantien.

" Espace et temps sont les cadres a priori de toute description de notre  
expérience."

qui se traduit (s'actualise) par :

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

## ■ La phrase d'Aristote

" Le temps est le nombre du mouvement selon l'avant et l'après."  
**variable mathématique** **chronologie**

< — — — objet de la physique, via des horloges — — — >

## ■ L'*a priori* kantien.

" Espace et temps sont les cadres a priori de toute description de notre  
expérience."

qui se traduit (s'actualise) par :

**espace de repérage mathématique** < — — — — — **domaine phénoménal**

Le temps :  
une valse à  
trois temps

Journées  
nationales de  
l'APMEP de  
Besançon,  
Octobre 2007

Introduction

Sur les  
définitions

Sur  
l'espace-temps  
et le  
pluralisme

## ■ La phrase d'Aristote

" Le temps est le nombre du mouvement selon l'avant et l'après."  
**variable mathématique** **chronologie**

< — — — objet de la physique, via des horloges — — — >

## ■ L'*a priori* kantien.

" Espace et temps sont les cadres a priori de toute description de notre  
expérience."

qui se traduit (s'actualise) par :

**espace de repérage mathématique** < — — — — — **domaine phénoménal**

choix a priori