

## Éléments préliminaires

# Le paradigme des quatre mondes

Niveaux d'abstraction et langages  
pour décrire les phénomènes physiques

# Du phénomène au calcul

## Quatre problématiques

- ▶ observer les phénomènes → principes, lois, etc.
- ▶ les modéliser → représentation implicite
- ▶ élaborer des calculs et des algorithmes → représentation explicite
- ▶ les mettre en œuvre → traitement informatique

## Le paradigme des quatre mondes

- ▶ monde des objets : notre monde réel
- ▶ monde des modèles : monde formel abstrait — mathématiques du continu
- ▶ monde des représentations : monde formel concret — ASD
- ▶ monde des implémentations : cybermonde — programmation

# Du phénomène au calcul

## Quatre problématiques

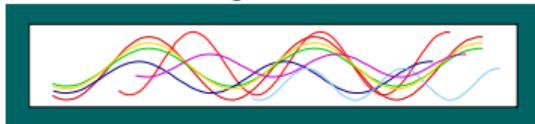
- ▶ observer les phénomènes → principes, lois, etc.
- ▶ les modéliser → représentation implicite
- ▶ élaborer des calculs et des algorithmes → représentation explicite
- ▶ les mettre en œuvre → traitement informatique

## Le paradigme des quatre mondes

- ▶ monde des objets : notre monde réel
- ▶ monde des modèles : monde formel abstrait — mathématiques du continu
- ▶ monde des représentations : monde formel concret — ASD
- ▶ monde des implémentations : cybermonde — programmation

## Exemple : lumière visible

- ▶ monde des objets : couleur visible par l'œil humain



*faisceau d'ondes électromagnétiques composé de particules électromagnétiques appelées photons*

- ▶ monde des modèles : distributions spectrales d'énergie (DSE)

*quantité de photons de chaque longueur d'onde composant le rayon de lumière visible*

- ▶ monde des représentation : DSE discrète

*quantité de photons pour un échantillonnage choisi (un nombre fini) de longueurs d'onde*

- ▶ monde des implémentations : vecteur (ou liste)

*manipulation des valeurs de cet échantillonnage dans une structure de données informatique*

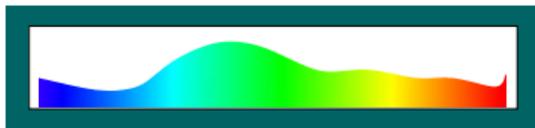
## Exemple : lumière visible

- ▶ monde des objets : couleur visible par l'œil humain



*faisceau d'ondes électromagnétiques composé de particules électromagnétiques appelées photons*

- ▶ monde des modèles : distributions spectrales d'énergie (DSE)



*quantité de photons de chaque longueur d'onde composant le rayon de lumière visible*

- ▶ monde des représentation : DSE discrète

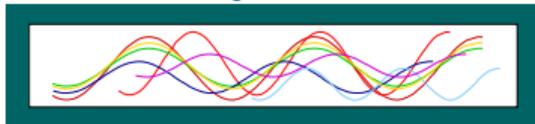
*quantité de photons pour un échantillonnage choisi (un nombre fini) de longueurs d'onde*

- ▶ monde des implémentations : vecteur (ou liste)

*manipulation des valeurs de cet échantillonnage dans une structure de données informatique*

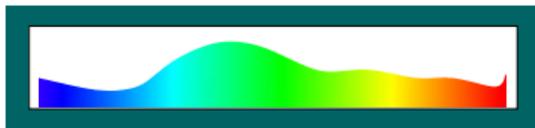
## Exemple : lumière visible

- ▶ monde des objets : couleur visible par l'œil humain



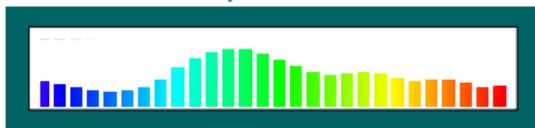
*faisceau d'ondes électromagnétiques composé de particules électromagnétiques appelées photons*

- ▶ monde des modèles : distributions spectrales d'énergie (DSE)



*quantité de photons de chaque longueur d'onde composant le rayon de lumière visible*

- ▶ monde des représentation : DSE discrète



*quantité de photons pour un échantillonnage choisi (un nombre fini) de longueurs d'onde*

- ▶ monde des implémentations : vecteur (ou liste)

*manipulation des valeurs de cet échantillonnage dans une structure de données informatique*

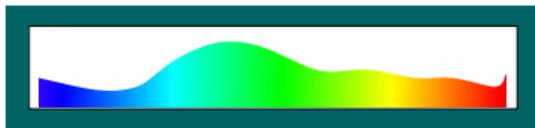
## Exemple : lumière visible

- ▶ monde des objets : couleur visible par l'œil humain



*faisceau d'ondes électromagnétiques composé de particules électromagnétiques appelées photons*

- ▶ monde des modèles : distributions spectrales d'énergie (DSE)



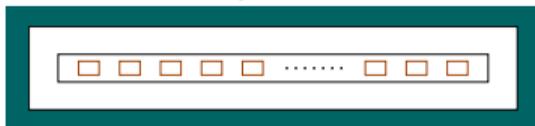
*quantité de photons de chaque longueur d'onde composant le rayon de lumière visible*

- ▶ monde des représentation : DSE discrète



*quantité de photons pour un échantillonnage choisi (un nombre fini) de longueurs d'onde*

- ▶ monde des implémentations : vecteur (ou liste)



*manipulation des valeurs de cet échantillonnage dans une structure de données informatique*

## Quatre mondes → quatre langages

Exemple d'un **capteur** : cône de la rétine, capteur CCD ou CMOS d'une caméra, etc.

- **Langage naturel** : *un capteur mesure la somme des énergies des ondes du spectre visible pondérée par sa sensibilité à chaque longueur d'onde*

- **Mathématique / continu** :

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda)s(\lambda) d\lambda$$

- **Mathématique / discret** :

$$K \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda)s(\lambda)$$

- **Informatique** :

```
sigma = 0;
for (lambda = lambda_1; lambda <= lambda_2; lambda++)
    sigma += e[lambda]*s[lambda];
sigma *= k;
```

## Quatre mondes → quatre langages

Exemple d'un **capteur** : cône de la rétine, capteur CCD ou CMOS d'une caméra, etc.

- **Langage naturel** : *un capteur mesure la somme des énergies des ondes du spectre visible pondérée par sa sensibilité à chaque longueur d'onde*

- **Mathématique / continu** :

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda)s(\lambda) d\lambda$$

- **Mathématique / discret** :

$$K \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda)s(\lambda)$$

- **Informatique** :

```
sigma = 0;
for (lambda = lambda_1; lambda <= lambda_2; lambda++)
    sigma += e[lambda]*s[lambda];
sigma *= k;
```

## Quatre mondes → quatre langages

Exemple d'un **capteur** : cône de la rétine, capteur CCD ou CMOS d'une caméra, etc.

- **Langage naturel** : *un capteur mesure la somme des énergies des ondes du spectre visible pondérée par sa sensibilité à chaque longueur d'onde*

- **Mathématique / continu** :

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda)s(\lambda) d\lambda$$

- **Mathématique / discret** :

$$K \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda)s(\lambda)$$

- **Informatique** :

```
sigma = 0;
for (lambda = lambda_1; lambda <= lambda_2; lambda++)
    sigma += e[lambda]*s[lambda];
sigma *= k;
```

## Quatre mondes → quatre langages

Exemple d'un **capteur** : cône de la rétine, capteur CCD ou CMOS d'une caméra, etc.

- **Langage naturel** : *un capteur mesure la somme des énergies des ondes du spectre visible pondérée par sa sensibilité à chaque longueur d'onde*

- **Mathématique / continu** :

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda)s(\lambda) d\lambda$$

- **Mathématique / discret** :

$$K \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda)s(\lambda)$$

- **Informatique** :

```
sigma = 0;
for (lambda = lambda_1; lambda <= lambda_2; lambda++)
    sigma += e[lambda]*s[lambda];
sigma *= k;
```

## ★ Du langage mathématique au langage informatique

Quelle est l'implémentation correspondant à la formalisation abstraite suivante ?

$$\int_{X_1}^{X_2} \int_{Y_1}^{Y_2} f(x, y) e^{-2i\pi(ux+vy)} dy dx$$

<b>A</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v) for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)     sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>
<b>B</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)         sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>
<b>C</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)         sigma *= f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>

## ★ Du langage mathématique au langage informatique

Quelle est l'implémentation correspondant à la formalisation abstraite suivante ?

$$\int_{X_1}^{X_2} \int_{Y_1}^{Y_2} f(x, y) e^{-2i\pi(ux+vy)} dy dx$$

<b>A</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v) for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)     sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>
<b>B</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)         sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>
<b>C</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)         sigma *= f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>

## ★ Du langage mathématique au langage informatique

Quelle est l'implémentation correspondant à la formalisation abstraite suivante ?

$$\int_{X_1}^{X_2} \int_{Y_1}^{Y_2} f(x, y) e^{-2i\pi(ux+vy)} dy dx$$

<b>A</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v) for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)     sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>
<b>B</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)         sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>
<b>C</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)         sigma *= f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>

## ★ Du langage mathématique au langage informatique

Quelle est l'implémentation correspondant à la formalisation abstraite suivante ?

$$\int_{X_1}^{X_2} f(x, y) e^{-2i\pi(ux+vy)} dx + \int_{Y_1}^{Y_2} (x, y) e^{-2i\pi(ux+vy)} dy$$

<b>A</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v) for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)     sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>
<b>B</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)         sigma += f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>
<b>C</b>	<pre>sigma = 0; for (x = X_1; X &lt;= X_2; X++)     for (y = Y_1; Y &lt;= Y_2; Y++)         sigma *= f(x, y) * e2ipi(x, y, u, v)</pre>