



**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

PHS 4700
Physique pour les applications multimédia

Chapitre 1 — Introduction

Djamel Seddaoui
Département de Génie physique

Table des matières

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples

d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation

physique et
applications

multimédias

Conclusions

❖ **Quelle physique, et dans quel but?**

❖ **Exemples d'applications multimédia**

❖ **Modèles utilisés pour les simulations**

❖ **Modélisation physique et applications multimédias**

❖ **Conclusions**

Quelle physique, et dans quel but?

Quelle physique, et dans quel but?

Exemples

d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation

physique et

applications

multimédias

Conclusions

La question que se posent les concepteurs d'applications multimédias

Comment faire pour que les jeux vidéo, les scènes d'animation ou de simulation que je crée soient réalistes pour l'utilisateur ?

La réponse de physicien ou de l'ingénieur

Il faut s'assurer que l'apparence et le comportement des objets et les environnements visuels et sonores dans lesquels ces objets évoluent représentent le plus fidèlement possible la réalité.

Quelle physique, et dans quel but?

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia
Modèles utilisés pour
les simulations
Modélisation
physique et
applications
multimédias
Conclusions



Quelle physique et dans quel but?

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples

d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation

physique et

applications

multimédias

Conclusions

Concevoir des applications multimédias demande

❖ de **l'imagination** afin de réaliser des environnements visuels et sonores de haute qualité ;

❖ une **expertise en programmation** pour optimiser la simulation (minimiser le temps de calcul et la mémoire en augmentant la précision).

C'est cependant **insuffisant** pour donner à ces applications le réalisme requis pour satisfaire notre cerveau.

Quelle physique et dans quel but?

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples

d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation

physique et

applications

multimédias

Conclusions

Applications multimédias où la physique joue un rôle très important :

❖ **Jeux de balle** (billard, tennis, golf, etc.) ;

❖ **Jeux d'action**

❖ **simulateurs** (avions, autos, bateaux, etc.) ;

❖ **Films**

Environnements visuels: (déplacement des nuages,
mouvement des vagues, oscillation des arbres)

Environnements sonores: (les sirènes d'auto-
patrouille, le vent.

Quelle physique et dans quel but?

Quelle physique, et dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia
Modèles utilisés pour
les simulations
Modélisation
physique et
applications
multimédias
Conclusions

Les effets sonores (bruit des explosions, des engins, effet Doppler, Larsen etc.)

 **Physique acoustique**



Quelle physique et dans quel but?

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia
Modèles utilisés pour
les simulations
Modélisation
physique et
applications
multimédias
Conclusions

3 paramètres majeur en simulation:

- ✓ la précision requise pour les simulations ;
- ✓ Capacité de stockage d'information (mémoire vive ou stockage permanent) ;
- ✓ la vitesse de réponse du modèle.

Trois contraintes qui entrent en conflit et chaque application multimédia doit vivre avec ses choix de **compromis**.

Quelle physique et dans quel but?

Quelle physique, et dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia
Modèles utilisés pour
les simulations
Modélisation
physique et
applications
multimédias
Conclusions

Exemples d'astuces permettant un meilleur compromis:

- ❖ Ignorer les processus physiques qui n'ont pas d'impact sur le réalisme de la simulation.
- ❖ Choisir et paramétrer les méthodes numériques de simulation en fonction de la précision désirée.
- ❖ Réévaluation fréquente de la précision désirée.

Quelle physique et dans quel but?

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples

d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation

physique et

applications

multimédias

Conclusions

Les buts de ce cours sont donc

❖ revisiter les lois de la physique qu'il est important de connaître pour améliorer le réalisme d'applications multimédia ;

❖ proposer quelques algorithmes numériques qui permettront de résoudre efficacement les problèmes de physique que vous pourriez retrouver dans de telles applications.

Dans ce cours, on se limitera à des méthodes de résolution relativement simples, mais très robustes.

Table des matières

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples

d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation

physique et
applications

multimédias

Conclusions

❖ Quelle physique, et dans quel but?

❖ **Exemples d'applications multimédia**

❖ Modèles utilisés pour les simulations

❖ Modélisation physique et applications multimédias

❖ Conclusions

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Physique mécanique Jeu de billard américain



Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Physique mécanique Jeu de billard américain

Les étapes à considérer:

1. analyser le jeu à simuler ;
2. écrire les équations requises pour la simulation
 - choisir des méthodes de résolution et
 - les valider ;
3. acquérir les données pour le jeu ;
4. construire l'algorithme de simulation, le programmer et le valider.

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour

les simulations

Modélisation

physique et

applications

multimédias

Conclusions

Analyse du jeu

1. La queue frappe la boule blanche en direction d'un des côtés du jeu ou d'une autre boule.
2. Déterminer les vitesses initiales linéaires et angulaires de la blanche après la collision.
3. Tracer la trajectoire de la blanche jusqu'à ce qu'elle subisse une collision avec un des côtés du jeu (aller à 4) ou une autre boule (aller à 5), qu'elle entre dans une des poches (arrêt de la simulation) ou qu'elle s'arrête sans collision (on retourne à l'étape 1).
4. Déterminer les nouvelles vitesses initiales linéaires et angulaires de la blanche après la collision et on retourne à 3.
5. Déterminer les nouvelles vitesses initiales linéaires et angulaires de la blanche et de la boule touchée.

Quelle physique, et dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour

les simulations

Modélisation

physique et

applications

multimédias

Conclusions

Analyse du jeu

6. Tracer la trajectoire de toutes les boules en mouvement jusqu'à ce qu'une d'entre elles subisse une collision avec un côté (aller à 7) ou une autre boule (aller à 8), entre dans une des poches (arrêt de la simulation pour cette boule et retour à 6) ou s'arrête (arrêt de la simulation pour cette boule et retour à 6). Si toutes les boules sont au repos, on retourne à 1.
7. Déterminer les nouvelles vitesses initiales linéaires et angulaires de la boule ayant subi la collision et on retourne à 6.
8. Déterminer les nouvelles vitesses initiales linéaires et angulaires des boules impliquées dans la collision et on retourne à 6.

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Équations à résoudre et contraintes

équations permettant de décrire le mouvement des
différentes boules et de la queue sur le billard ;

choix des contraintes de simulation (entrée d'une boule dans
un panier, possibilité pour une boule de s'élever au-dessus du
tapis, etc.) ;

ombres, intensité du son lors d'une collision en fonction de la
vitesse des boules ;

...

Exemples d'applications multimedia

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Le choix des méthodes de résolution dépend de :

la complexité des équations à résoudre ;

la précision désirée ;

la rapidité requise pour la simulation.

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Acquisition des données (principales caractéristiques du jeu) :

Le rayon et les masses des boules

La longueur de la queue

Les dimension de la surface du billard

Les position et dimensions des poches d'entrée

Quelle physique, et dans quel but ?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Acquisition des données (autres caractéristiques moins évidentes) :

coefficients de réflexion lors de collisions queue-boule, boule-boule et boule-côté ;

coefficients de frottement queue-boule, boule-tapis et boule-côté ;

Intensité et direction de la force appliquée sur la queue ;

éclairage de la scène, position de l'observateur, bruit ambiant, sons reliés aux collisions ;

...

Exemples d'applications multimedia

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

La programmation s'avère en général la partie la plus simple du processus lorsque le problème est bien posé. La validation et la qualification du logiciel sont souvent les étapes les plus ardues (on connaît rarement la solution exacte et on doit se fier à la logique et à notre expérience).

Exemples d'applications multimedia

Quelle physique, et dans quel but?

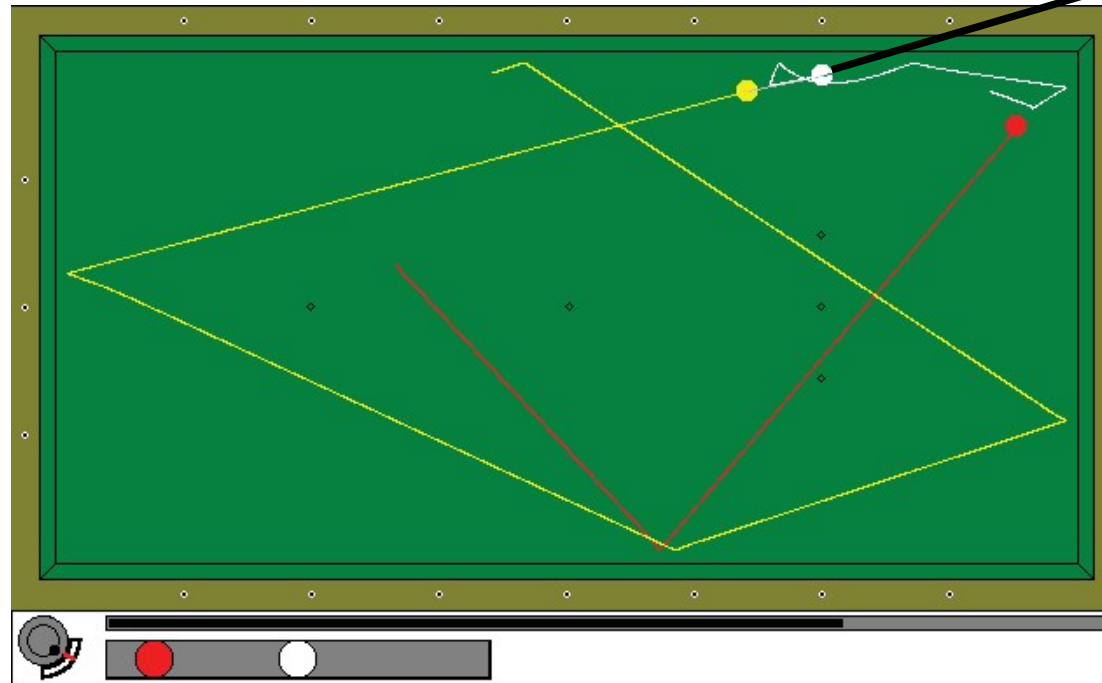
Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Exemple de trajectoire curviligne d'une boule sur un billard.



Exemples d'applications multimedia

Quelle physique, et dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Optique : les images de synthèse



Quelle physique, et dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Question:

Quels sont les avantages d'une image de synthèse par rapport à une photo

- ❖ Peut représenter des endroits ou des objets inaccessible ou inexistant
- ❖ Moins d'espace de stockage
- ❖ Manipulable et modifiable à souhait
- ❖ Animation (évolution dans le temps)

Exemples d'applications multimedia

Quelle physique, et dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Le processus de simulation en optique est très complexe, car il doit tenir compte de multiples effets incluant :

l'atténuation ;
les réflexions ;
la réfraction.

Exemples d'applications multimedia

Quelle physique, et dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour

les simulations

Modélisation

physique et

applications

multimédias

Conclusions

On utilise souvent une série d'approximations que l'on raffinera par la suite

- ❖ La source de lumière est ponctuelle ;
- ❖ Tous les objets dans la pièce sont opaques et réfléchissent la lumière comme un miroir;
- ❖ Seulement la lumière directe ou réfléchiée une fois est perçue par l'observateur.

Seulement des points lumineux ou des lignes lumineuses sont perçues, le reste de la scène se retrouvant dans l'obscurité.



Exemples d'applications multimedia

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

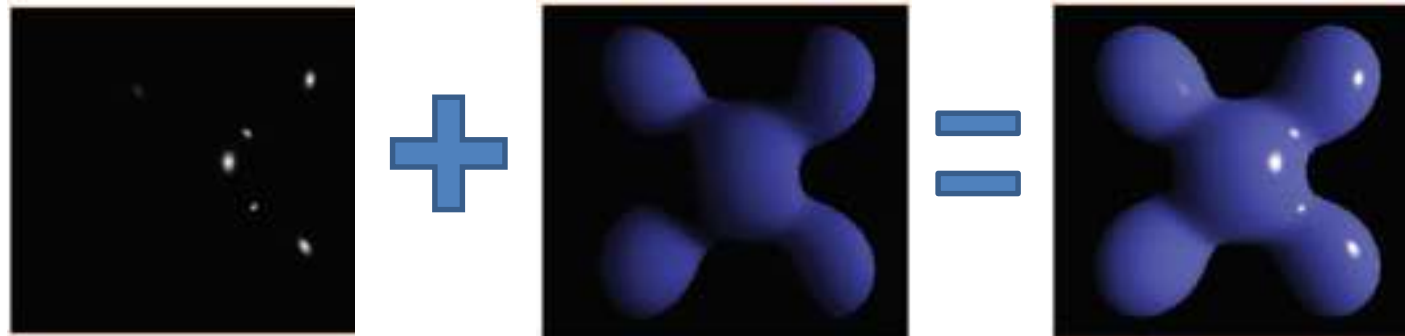
Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Raffinements possibles.

Réflexion diffuse (on voit des surfaces au lieu de lignes ou points lumineux, même si certaines régions d'ombre restent dans le noir absolu).

Réflexions multiples (les régions d'ombre et de pénombre apparaissent).



Exemples d'applications multimedia

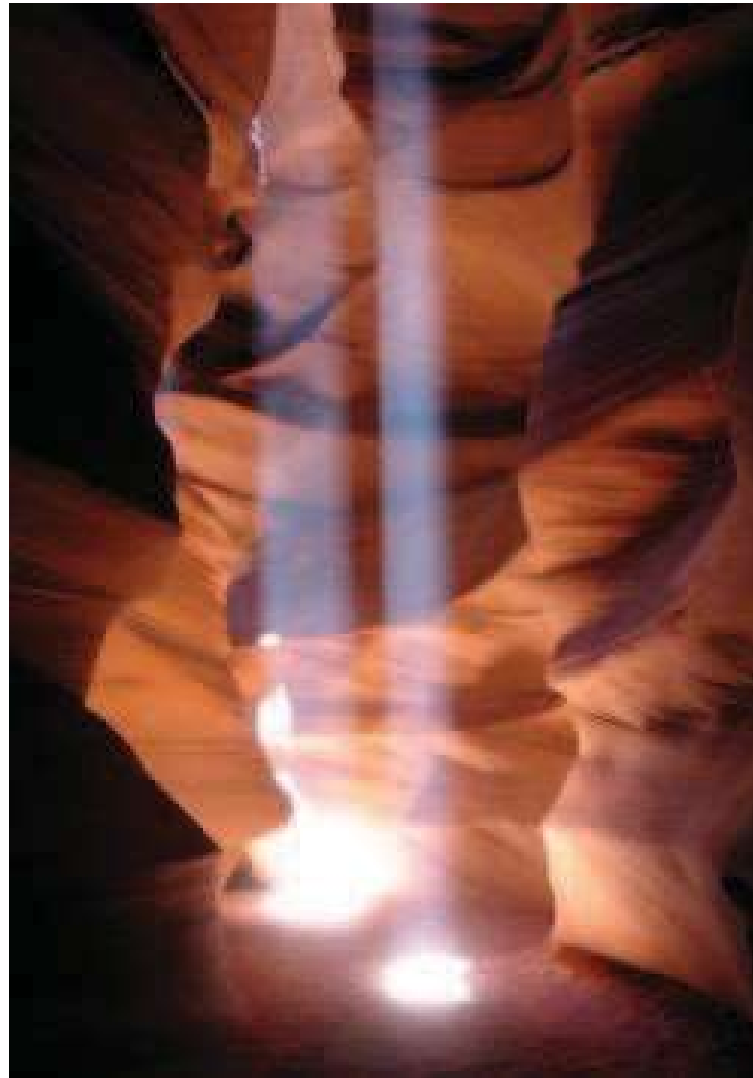
Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions



Exemples d'applications multimedia

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions



Exemples d'applications multimedia

Quelle physique, et dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Si des objets transparents sont présents dans la scène, les effets optiques dus à la diffraction doivent aussi être considérés.



Quelle physique, et dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Acoustique : environnement sonore produit par la sirène d'une auto-patrouille se rapprochant d'un chauffeur sur une autoroute dans le désert.

Ici, il faut simuler le son qui se propage dans l'air et dont l'intensité dépendra

- de la distance entre le chauffeur et l'auto-patrouille ;
- des réflexions du son sur le sol ;
- de la température et de l'humidité de l'air ;
- de l'atténuation du son par la cabine de l'auto ;
- de la vitesse relative entre l'auto-patrouille et le chauffeur (fréquence sonore et effet Doppler).

Les complications sérieuses apparaissent si l'on insère des obstacles et que nos sources ont des fréquences multiples.

Table des matières

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples

d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation

physique et

applications

multimédias

Conclusions

❖ Quelle physique, et dans quel but?

❖ Exemples d'applications multimédia

❖ **Modèles utilisés pour les simulations**

❖ Modélisation physique et applications multimédias

❖ Conclusions

Modèles utilisés pour les simulations

Quelle physique, et dans quel but?

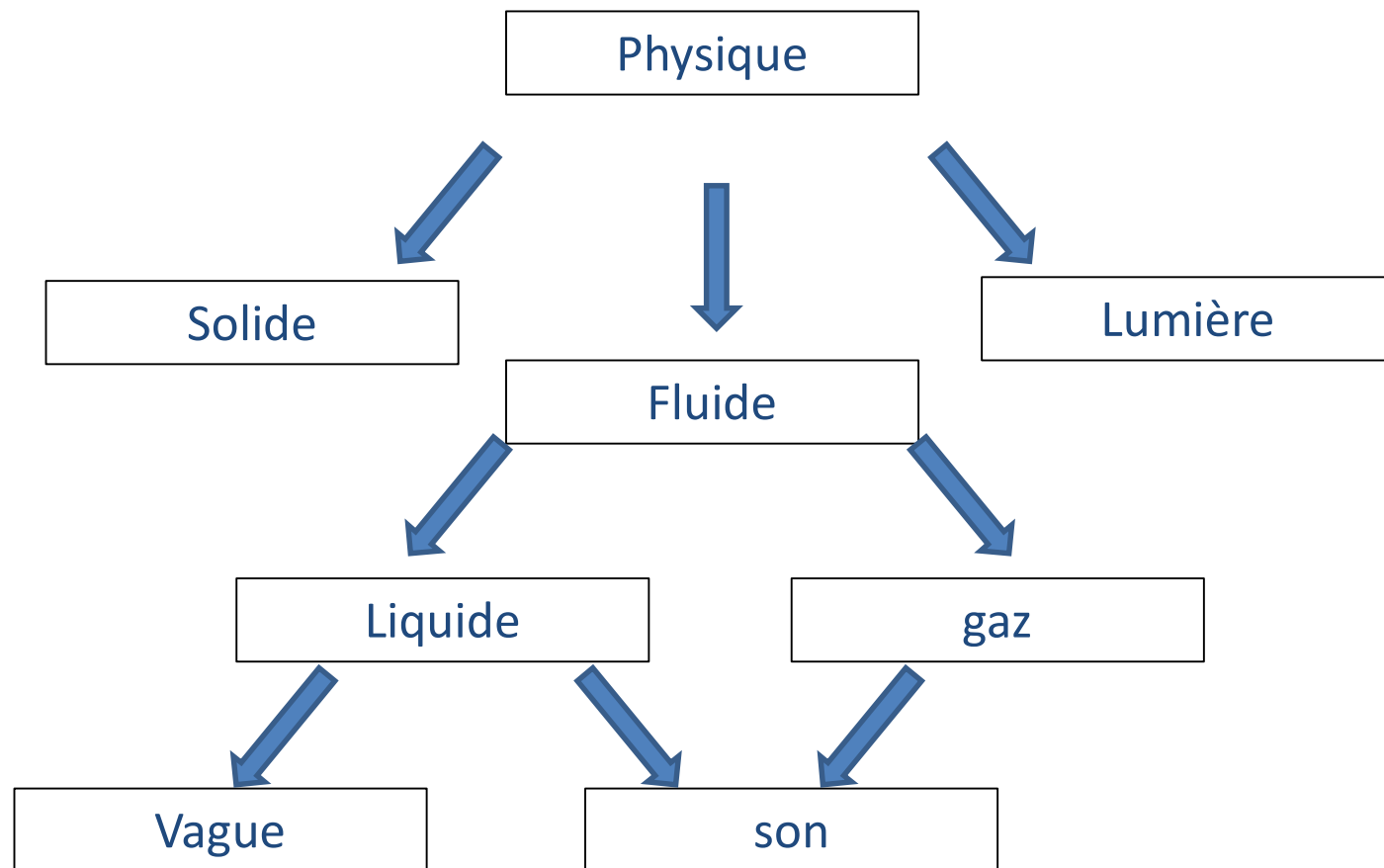
Exemples d'applications multimedia

Modèles utilisés pour les simulations

Modélisation physique et applications multimédias

Conclusions

Comment passe-t-on de la physique fondamentale aux modèles utilisés pour la simulation?



Quelle physique, et dans quel but?

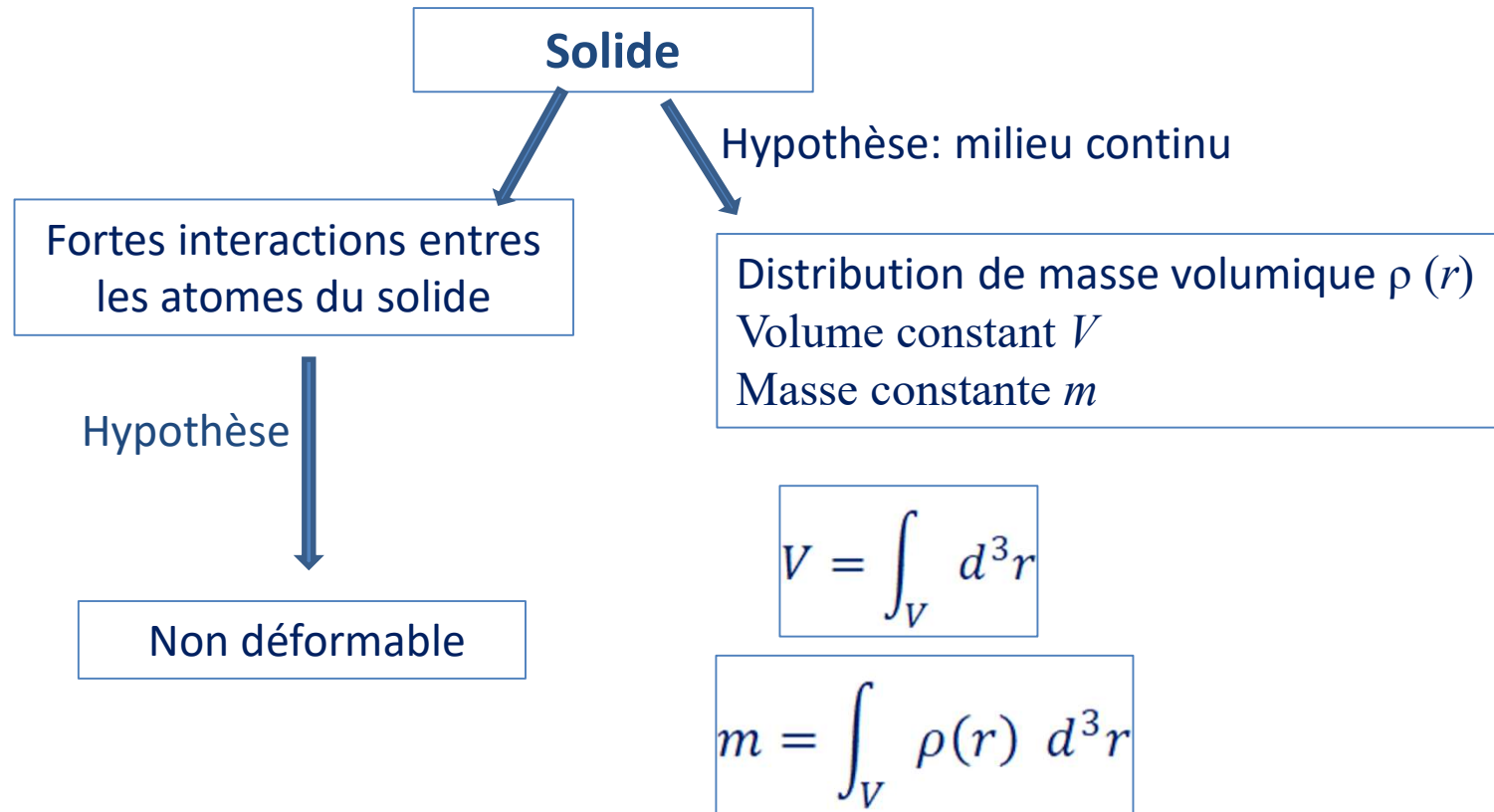
Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Modélisation des solides



Exemple de solide indéformable : la boule de billard.

Quelle physique, et dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Modélisation des liquides

Liquides

Hypothèse: milieu continu

Faibles interactions entre les atomes

Distribution de masse volumique $\rho(r)$
Volume total constant V
Masse totale constante m

Hypothèse

Facilement déformable

Non compressible

$\rho(r)$ constante pour chaque substance

$$V = \int_V d^3r$$

$$m = \int_V \rho(r) d^3r$$



Modèles utilisés pour les simulations

Quelle physique, et dans quel but?

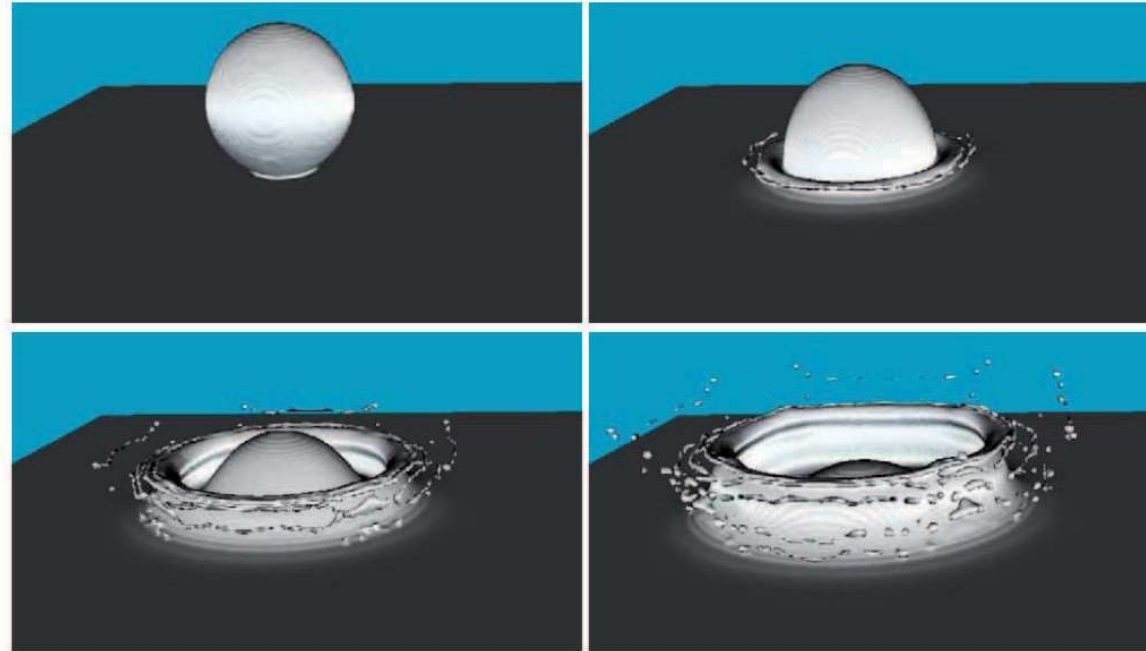
Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Un exemple de liquide : la goutte d'eau.



Référence : [Jussieu](#)

$$\rho(r,t) = \rho_{\text{eau}} \text{ ou } 0$$

Quelle physique, et
dans quel but?

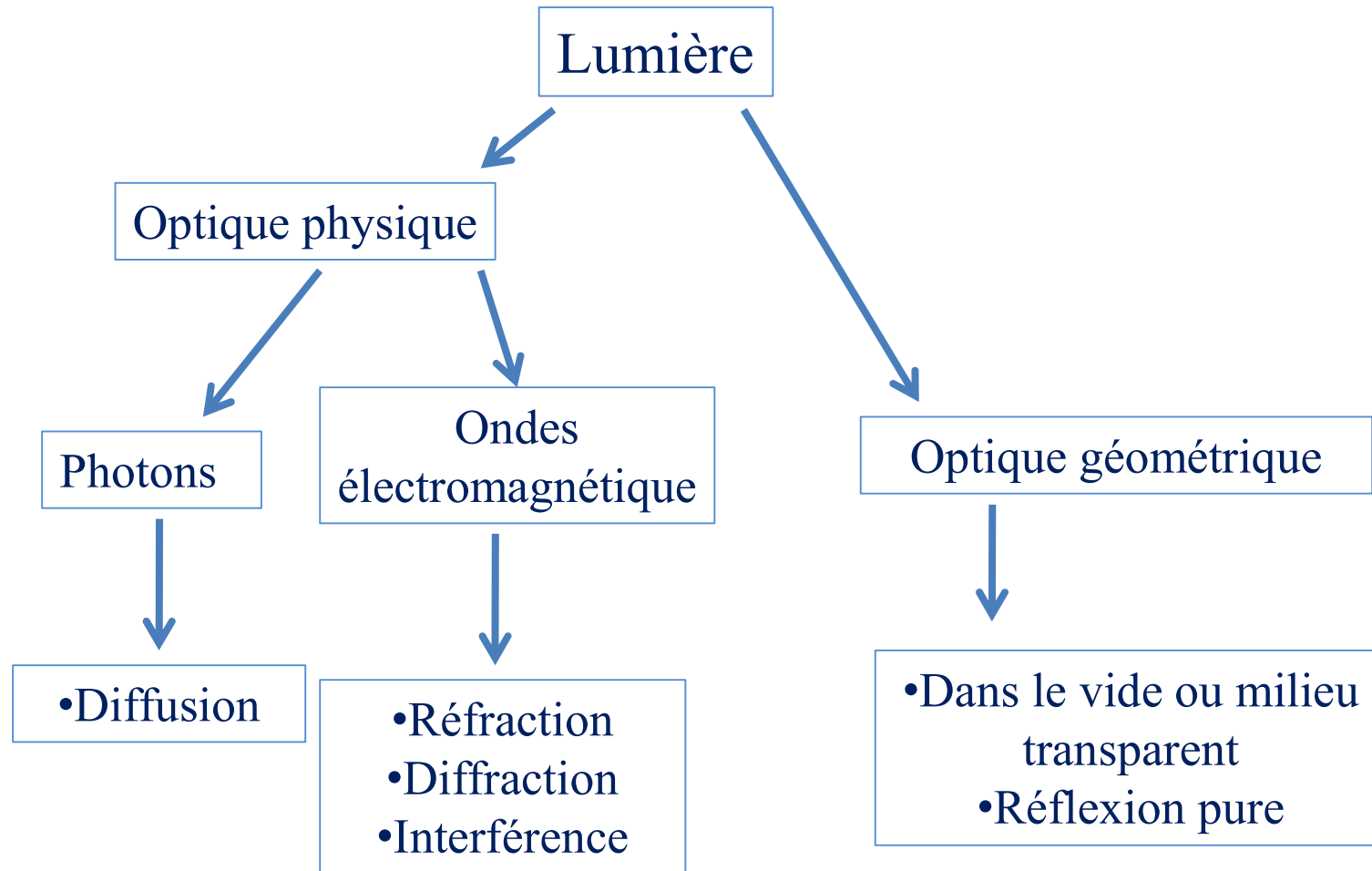
Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Modélisation de la lumière



Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Ondes à la surface d'un liquide

Vagues



Déformations de surface: faibles / dimensions du liquide



Ondes transverses se propageant sur la surface du liquide

Au lieu d'utiliser la physique des fluides pour décrire l'ensemble du milieu on utilisera plutôt la physique des ondes pour décrire le comportement de la surface limitant le milieu.

Modèles utilisés pour les simulations

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Exemples de vagues



Voir aussi [Ondes](#) et [Tsunami](#).

Modèles utilisés pour les simulations

Quelle physique, et dans quel but?

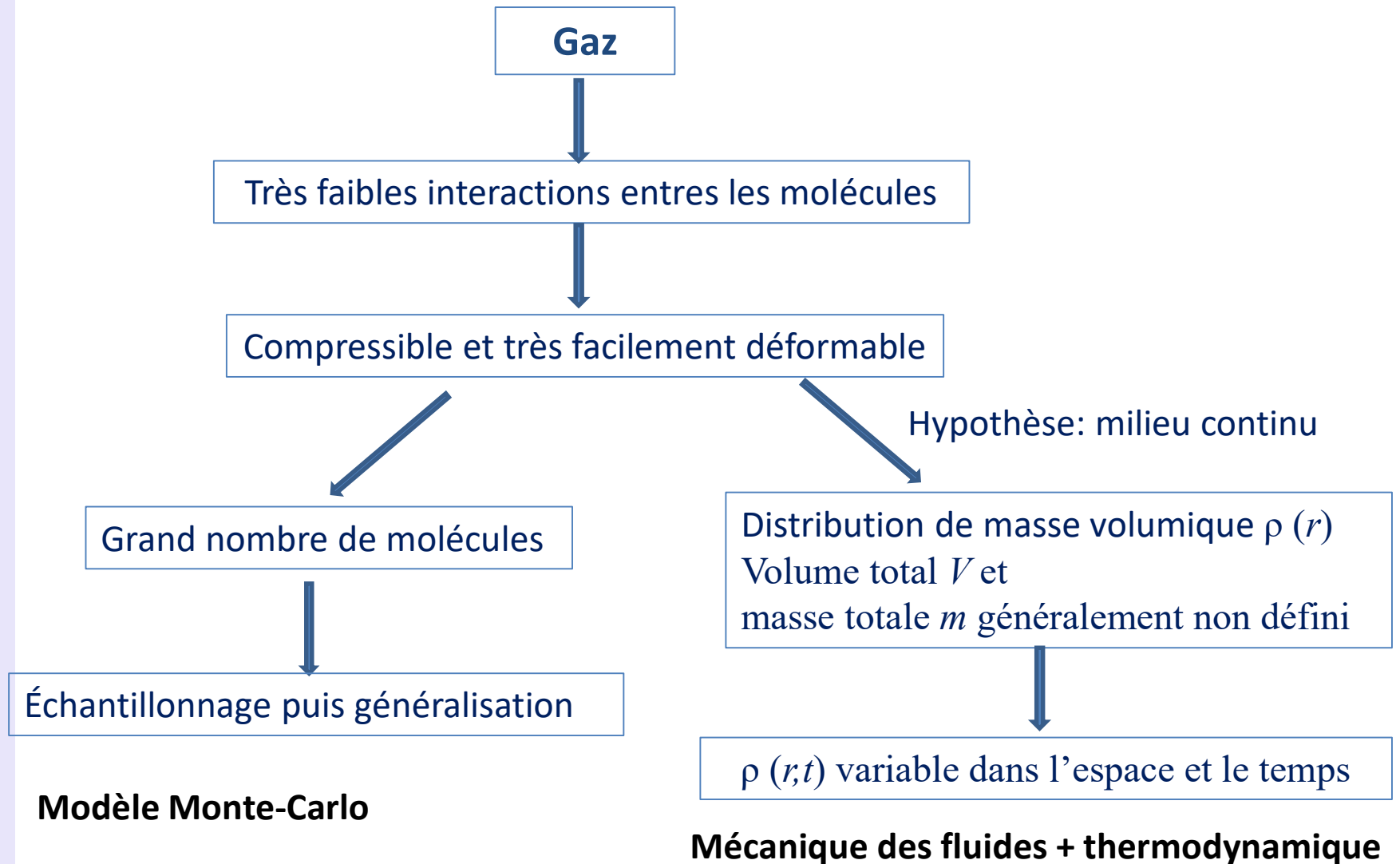
Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Modélisation des gaz



Quelle physique, et dans quel but?

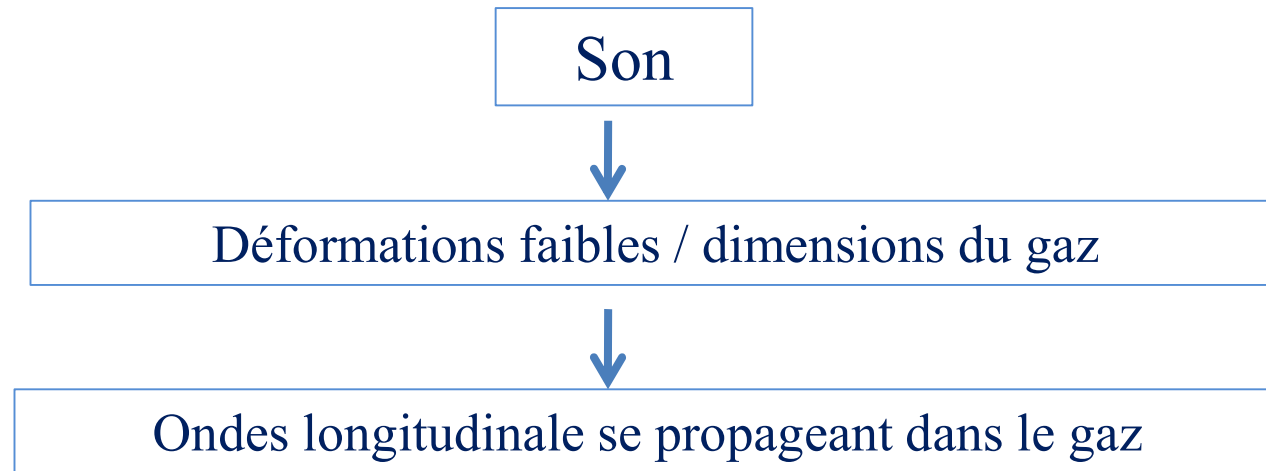
Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Ondes de pression dans un gaz



Au lieu d'utiliser la physique des fluides pour décrire l'ensemble du milieu on utilisera plutôt la physique acoustique pour décrire la propagation d'onde de sons dans différents milieux.

Table des matières

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples

d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation

physique et
applications

multimédias

Conclusions

❖ Quelle physique, et dans quel but?

❖ Exemples d'applications multimédia

❖ Modèles utilisés pour les simulations

❖ **Modélisation physique et applications multimédias**

❖ Conclusions

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

❖ Une simulation peut impliquer une combinaison de traitements différents (différentes branches de la physique)

❖ Le choix des modèles physiques à utiliser dépend aussi des contraintes liées à l'utilisation de l'ordinateur et des conséquences qui en découlent :

- temps de calcul,
- espace mémoire ;
- précision de l'algorithme ;
- résolution de la solution requise (spatiale associée aux effets visuels, temporelle pour les objets en mouvement).

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples

d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Chaque application nécessite une série d'approximations dans le but de:

- ❖ Minimiser le temps de calcul
- ❖ Optimiser la précision et la résolution de la solution
- ❖ Minimiser l'espace mémoire utilisé

Par exemple :

1. nous traiterons la majorité des cas impliquant la lumière en utilisant l'optique géométrique qui combine ses propriétés d'ondes et de particules ;
2. la trajectoire des solides dans l'espace est généralement simplifiée en utilisant des trajectoires ponctuelles, les effets de rotations étant traités de façon indépendante.

Table des matières

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples

d'applications
multimedia

Modèles utilisés pour
les simulations

Modélisation

physique et
applications

multimédias

Conclusions

❖ Quelle physique, et dans quel but?

❖ Exemples d'applications multimédia

❖ Modèles utilisés pour les simulations

❖ Modélisation physique et applications multimédias

❖ **Conclusions**

Quelle physique, et dans quel but?

Exemples
d'applications
multimédia
Modèles utilisés pour
les simulations
Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Pour créer des applications multimédia réalistes du point de vue physique, il faut donc :

- ❖ connaître les équations mathématiques qui régissent le comportement physique des objets ou des phénomènes que nous désirons simuler ;
- ❖ programmer des méthodes de simulation précises, rapides et faiblement consommatrices de mémoire, qui permettent de résoudre ces équations et les intégrer dans des moteurs de simulation physique ;
- ❖ intégrer ces moteurs à un environnement multimédia permettant de suivre une scène en temps réel (jeux) ou image par image (film).

Conclusions

Quelle physique, et
dans quel but?

Exemples
d'applications
multimedia
Modèles utilisés pour
les simulations
Modélisation
physique et
applications
multimédias

Conclusions

Dans le prochain chapitre, nous nous intéresserons aux propriétés dynamiques des solides. Nous aborderons les sujets suivants :

- objets ponctuels et étendus ;
- matrices de rotation ;
- quaternions de rotations ;
- équations de la dynamique ;
- centre de masse d'un solide ;
- moment d'inertie d'un solide.