

Utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication pour la modélisation et la diffusion des résultats d'une équation aux dérivées partielles

Projet TIC

ZIOUCHE Tiziri, GUERNANE Imene

Usthb

Décembre 2025



Table des matières

- 1 Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)
 - Outils de collaboration scientifique
 - Espaces numériques de travail
 - Outils de présentation
 - Intérêt des TIC dans la recherche scientifique
- 2 Étude de l'équation de la chaleur: cadre théorique
 - Position du problème
 - Solution formelle
- 3 Étude de l'équation de la chaleur: approche numérique
 - Présentation de la méthode numérique: méthode des différences finies
 - Simulation sous MATLAB
 - Interprétation des résultats
- 4 Stockage des codes LaTeX & MATLAB sur GitHub
- 5 Interactions PDF & inclusion d'une présentation
- 6 Conclusion

Introduction

- Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont essentielles au développement scientifique et technologique.

Introduction

- Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont essentielles au développement scientifique et technologique.
- Leur évolution rapide a transformé l'analyse, la modélisation et la diffusion des connaissances dans divers domaines, notamment en mathématiques appliquées et en physique.

Introduction

- Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont essentielles au développement scientifique et technologique.
- Leur évolution rapide a transformé l'analyse, la modélisation et la diffusion des connaissances dans divers domaines, notamment en mathématiques appliquées et en physique.
- Les outils numériques permettent désormais de simuler, visualiser et interpréter des phénomènes avec précision, remplaçant ainsi des calculs analytiques complexes ou inaccessibles.

Introduction

- Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont essentielles au développement scientifique et technologique.
- Leur évolution rapide a transformé l'analyse, la modélisation et la diffusion des connaissances dans divers domaines, notamment en mathématiques appliquées et en physique.
- Les outils numériques permettent désormais de simuler, visualiser et interpréter des phénomènes avec précision, remplaçant ainsi des calculs analytiques complexes ou inaccessibles.
- Un domaine clé de l'utilisation numérique est l'étude des équations aux dérivées partielles (EDP), qui modélisent des phénomènes naturels comme la propagation de la chaleur ou la diffusion d'ondes.

Introduction

- Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont essentielles au développement scientifique et technologique.
- Leur évolution rapide a transformé l'analyse, la modélisation et la diffusion des connaissances dans divers domaines, notamment en mathématiques appliquées et en physique.
- Les outils numériques permettent désormais de simuler, visualiser et interpréter des phénomènes avec précision, remplaçant ainsi des calculs analytiques complexes ou inaccessibles.
- Un domaine clé de l'utilisation numérique est l'étude des équations aux dérivées partielles (EDP), qui modélisent des phénomènes naturels comme la propagation de la chaleur ou la diffusion d'ondes.
- La résolution numérique de ces équations est souvent nécessaire, car la solution analytique est rarement disponible.

Introduction

- Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont essentielles au développement scientifique et technologique.
- Leur évolution rapide a transformé l'analyse, la modélisation et la diffusion des connaissances dans divers domaines, notamment en mathématiques appliquées et en physique.
- Les outils numériques permettent désormais de simuler, visualiser et interpréter des phénomènes avec précision, remplaçant ainsi des calculs analytiques complexes ou inaccessibles.
- Un domaine clé de l'utilisation numérique est l'étude des équations aux dérivées partielles (EDP), qui modélisent des phénomènes naturels comme la propagation de la chaleur ou la diffusion d'ondes.
- La résolution numérique de ces équations est souvent nécessaire, car la solution analytique est rarement disponible.
- Ce projet démontre l'application des TIC pour modéliser, simuler, analyser et diffuser des résultats scientifiques d'un phénomène physique.

Introduction

- LaTeX a été utilisé pour rédiger ce rapport de manière professionnelle.

Introduction

- LaTeX a été utilisé pour rédiger ce rapport de manière professionnelle.
- GitHub a servi à organiser et stocker le code source, garantissant transparence et reproductibilité.

Introduction

- LaTeX a été utilisé pour rédiger ce rapport de manière professionnelle.
- GitHub a servi à organiser et stocker le code source, garantissant transparence et reproductibilité.
- La collaboration scientifique a eu lieu via la plateforme Overleaf.

Introduction

- LaTeX a été utilisé pour rédiger ce rapport de manière professionnelle.
- GitHub a servi à organiser et stocker le code source, garantissant transparence et reproductibilité.
- La collaboration scientifique a eu lieu via la plateforme Overleaf.
- Le projet se concentre sur la résolution numérique de l'équation de la chaleur à l'aide de la méthode des différences finies.

Introduction

- LaTeX a été utilisé pour rédiger ce rapport de manière professionnelle.
- GitHub a servi à organiser et stocker le code source, garantissant transparence et reproductibilité.
- La collaboration scientifique a eu lieu via la plateforme Overleaf.
- Le projet se concentre sur la résolution numérique de l'équation de la chaleur à l'aide de la méthode des différences finies.
- MATLAB a été choisi pour la simulation en raison de ses performances de calcul et de visualisation graphique.

Introduction

- LaTeX a été utilisé pour rédiger ce rapport de manière professionnelle.
- GitHub a servi à organiser et stocker le code source, garantissant transparence et reproductibilité.
- La collaboration scientifique a eu lieu via la plateforme Overleaf.
- Le projet se concentre sur la résolution numérique de l'équation de la chaleur à l'aide de la méthode des différences finies.
- MATLAB a été choisi pour la simulation en raison de ses performances de calcul et de visualisation graphique.
- Ce travail combine théorie mathématique et application numérique, reliant les bases des EDP à leur mise en œuvre informatique.

Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)

Introduction aux TIC

- Les TIC regroupent l'ensemble des outils, logiciels, plateformes et méthodes permettant de produire, traiter, analyser, stocker et partager l'information.

Introduction aux TIC

- Les TIC regroupent l'ensemble des outils, logiciels, plateformes et méthodes permettant de produire, traiter, analyser, stocker et partager l'information.
- Elles jouent un rôle fondamental dans l'enseignement supérieur, la recherche scientifique et l'ingénierie.

Introduction aux TIC

- Les TIC regroupent l'ensemble des outils, logiciels, plateformes et méthodes permettant de produire, traiter, analyser, stocker et partager l'information.
- Elles jouent un rôle fondamental dans l'enseignement supérieur, la recherche scientifique et l'ingénierie.
- Elles facilitent l'accès à l'information, améliorent le travail collaboratif et permettent de réaliser des simulations complexes.

Introduction aux TIC

- Les TIC regroupent l'ensemble des outils, logiciels, plateformes et méthodes permettant de produire, traiter, analyser, stocker et partager l'information.
- Elles jouent un rôle fondamental dans l'enseignement supérieur, la recherche scientifique et l'ingénierie.
- Elles facilitent l'accès à l'information, améliorent le travail collaboratif et permettent de réaliser des simulations complexes.
- Les TIC peuvent être classés en plusieurs catégories:

[7]

Outils de résolution numérique

- Indispensables pour traiter les équations aux dérivées partielles (EDP), effectuer des simulations et visualiser des phénomènes physiques.

Outils de résolution numérique

- Indispensables pour traiter les équations aux dérivées partielles (EDP), effectuer des simulations et visualiser des phénomènes physiques.
- Les outils les plus utilisés incluent : MATLAB, Python, GeoGebra et Jupyter Notebook.

MATLAB

- Environnement de calcul numérique largement utilisé en ingénierie et sciences appliquées.

MATLAB

- Environnement de calcul numérique largement utilisé en ingénierie et sciences appliquées.
- Permet d'implémenter facilement des schémas numériques (différences finies, éléments finis, etc.).

MATLAB

- Environnement de calcul numérique largement utilisé en ingénierie et sciences appliquées.
- Permet d'implémenter facilement des schémas numériques (différences finies, éléments finis, etc.).
- Produit des graphiques clairs et précis pour l'analyse des EDP.

[10]

Python

- Langage open-source flexible avec des bibliothèques scientifiques puissantes (NumPy, SciPy, Matplotlib).

Python

- Langage open-source flexible avec des bibliothèques scientifiques puissantes (NumPy, SciPy, Matplotlib).
- Permet de coder rapidement des méthodes numériques pour les EDP.

Python

- Langage open-source flexible avec des bibliothèques scientifiques puissantes (NumPy, SciPy, Matplotlib).
- Permet de coder rapidement des méthodes numériques pour les EDP.
- Alternative gratuite et performante à MATLAB, avec solutions évolutives et personnalisables.[3]

GeoGebra

- Outil interactif pour la visualisation géométrique et mathématique.

GeoGebra

- Outil interactif pour la visualisation géométrique et mathématique.
- Moins adapté aux simulations avancées, mais utile pour illustrer des concepts liés aux EDP.

GeoGebra

- Outil interactif pour la visualisation géométrique et mathématique.
- Moins adapté aux simulations avancées, mais utile pour illustrer des concepts liés aux EDP.
- Permet de visualiser conditions limites et propagation de solutions.[4]

Jupyter Notebook

- Environnement interactif pour exécuter du code Python.

Jupyter Notebook

- Environnement interactif pour exécuter du code Python.
- Idéal pour structurer des calculs, documenter la résolution et partager les résultats.

Jupyter Notebook

- Environnement interactif pour exécuter du code Python.
- Idéal pour structurer des calculs, documenter la résolution et partager les résultats.
- Combine texte, équations et graphiques, parfait pour l'enseignement et les démonstrations.[9]

Outils de collaboration scientifique

- Ces outils facilitent le travail à distance, le partage de documents scientifiques et la gestion des références bibliographiques.

Outils de collaboration scientifique

- Ces outils facilitent le travail à distance, le partage de documents scientifiques et la gestion des références bibliographiques.
- Ils sont essentiels pour la rédaction collaborative et la diffusion des résultats scientifiques.

Overleaf

- Plateforme en ligne dédiée à l'édition de documents LaTeX.

Overleaf

- Plateforme en ligne dédiée à l'édition de documents LaTeX.
- Permet un travail collaboratif en temps réel.

Overleaf

- Plateforme en ligne dédiée à l'édition de documents LaTeX.
- Permet un travail collaboratif en temps réel.
- Idéal pour rédiger rapports, articles et mémoires scientifiques.[11]

Google Colab

- Environnement cloud pour exécuter du code Python sans installation locale.

Google Colab

- Environnement cloud pour exécuter du code Python sans installation locale.
- Utilisé pour les calculs, simulations et partage de notebooks.

Google Colab

- Environnement cloud pour exécuter du code Python sans installation locale.
- Utilisé pour les calculs, simulations et partage de notebooks.
- Facilite la collaboration entre étudiants et chercheurs.[6]

Zotero

- Logiciel de gestion bibliographique.

Zotero

- Logiciel de gestion bibliographique.
- Permet de collecter, organiser et citer automatiquement les références.

Zotero

- Logiciel de gestion bibliographique.
- Permet de collecter, organiser et citer automatiquement les références.
- Compatible avec LaTeX, Word et d'autres formats.[13]

GitHub

- Plateforme de gestion de versions pour stocker, partager et collaborer sur des projets informatiques.

GitHub

- Plateforme de gestion de versions pour stocker, partager et collaborer sur des projets informatiques.
- Dans le cadre des EDP et des simulations numériques : sauvegarde du code MATLAB/Python, suivi des modifications et travail en groupe efficace.[5]

PDF

- Format standard de diffusion scientifique.

PDF

- Format standard de diffusion scientifique.
- Garantit une mise en page fixe et une compatibilité universelle.

LaTeX interactif

- Permet d'intégrer animations, graphiques dynamiques et résultats numériques interactifs dans des documents PDF.

LaTeX interactif

- Permet d'intégrer animations, graphiques dynamiques et résultats numériques interactifs dans des documents PDF.
- Idéal pour des documents avancés et interactifs.

Beamer

- Classe LaTeX pour créer des présentations professionnelles.

Beamer

- Classe LaTeX pour créer des présentations professionnelles.
- Appréciée dans les conférences scientifiques pour intégrer équations et figures complexes.

PowerPoint

- Outil populaire pour les présentations classiques.

PowerPoint

- Outil populaire pour les présentations classiques.
- Simple à utiliser et permet de créer des supports visuels rapides et efficaces.

Canva

- Plateforme de design en ligne pour créer des présentations modernes et esthétiques.

Canva

- Plateforme de design en ligne pour créer des présentations modernes et esthétiques.
- Utile pour concevoir affiches scientifiques, posters et diapositives visuellement attractives.[2]

Rôle central des TIC

- Les TIC occupent une place centrale dans la recherche moderne.

Rôle central des TIC

- Les TIC occupent une place centrale dans la recherche moderne.
- Elles offrent un accès rapide à l'information scientifique : bases de données, articles, revues, résultats de recherche.

Rôle central des TIC

- Les TIC occupent une place centrale dans la recherche moderne.
- Elles offrent un accès rapide à l'information scientifique : bases de données, articles, revues, résultats de recherche.
- Elles permettent l'automatisation des calculs complexes.

Rôle central des TIC

- Les TIC occupent une place centrale dans la recherche moderne.
- Elles offrent un accès rapide à l'information scientifique : bases de données, articles, revues, résultats de recherche.
- Elles permettent l'automatisation des calculs complexes.
- Elles facilitent la collaboration entre chercheurs via des plateformes en ligne.

Rôle central des TIC

- Les TIC occupent une place centrale dans la recherche moderne.
- Elles offrent un accès rapide à l'information scientifique : bases de données, articles, revues, résultats de recherche.
- Elles permettent l'automatisation des calculs complexes.
- Elles facilitent la collaboration entre chercheurs via des plateformes en ligne.
- Elles améliorent la qualité de présentation des rapports, articles et communications scientifiques.

Rôle central des TIC

- Les TIC occupent une place centrale dans la recherche moderne.
- Elles offrent un accès rapide à l'information scientifique : bases de données, articles, revues, résultats de recherche.
- Elles permettent l'automatisation des calculs complexes.
- Elles facilitent la collaboration entre chercheurs via des plateformes en ligne.
- Elles améliorent la qualité de présentation des rapports, articles et communications scientifiques.
- Elles assurent la reproductibilité des résultats grâce au partage du code et des données.

Importance des TIC pour les EDP

- Les EDP nécessitent souvent une résolution numérique, car les solutions analytiques sont limitées.

Importance des TIC pour les EDP

- Les EDP nécessitent souvent une résolution numérique, car les solutions analytiques sont limitées.
- Les TIC interviennent à plusieurs niveaux dans l'étude et la résolution des EDP :

Apports des TIC dans la résolution des EDP

- Implémentation des méthodes numériques : différences finies, éléments finis, volumes finis.

Apports des TIC dans la résolution des EDP

- Implémentation des méthodes numériques : différences finies, éléments finis, volumes finis.
- Visualisation graphique des solutions numériques.

Apports des TIC dans la résolution des EDP

- Implémentation des méthodes numériques : différences finies, éléments finis, volumes finis.
- Visualisation graphique des solutions numériques.
- Gestion et stockage des projets de simulation via plateformes collaboratives comme GitHub.

Apports des TIC dans la résolution des EDP

- Implémentation des méthodes numériques : différences finies, éléments finis, volumes finis.
- Visualisation graphique des solutions numériques.
- Gestion et stockage des projets de simulation via plateformes collaboratives comme GitHub.
- Documentation structurée des modèles et résultats via LaTeX, Jupyter Notebook ou Overleaf.

Apports des TIC dans la résolution des EDP

- Implémentation des méthodes numériques : différences finies, éléments finis, volumes finis.
- Visualisation graphique des solutions numériques.
- Gestion et stockage des projets de simulation via plateformes collaboratives comme GitHub.
- Documentation structurée des modèles et résultats via LaTeX, Jupyter Notebook ou Overleaf.

Ces apports font des TIC un élément incontournable pour les études modernes sur les EDP.

Étude de l'équation de la chaleur: cadre théorique

Introduction

- L'équation de la chaleur a été choisie pour les raisons suivantes:

Intérêt de l'équation de la chaleur

- Modèle physique simple mais riche mathématiquement, illustrant les notions fondamentales des EDP.

Intérêt de l'équation de la chaleur

- Modèle physique simple mais riche mathématiquement, illustrant les notions fondamentales des EDP.
- Facile à simuler numériquement sous MATLAB.

Intérêt de l'équation de la chaleur

- Modèle physique simple mais riche mathématiquement, illustrant les notions fondamentales des EDP.
- Facile à simuler numériquement sous MATLAB.
- Structure parabolique adaptée aux méthodes numériques comme les différences finies.

Intérêt de l'équation de la chaleur

- Modèle physique simple mais riche mathématiquement, illustrant les notions fondamentales des EDP.
- Facile à simuler numériquement sous MATLAB.
- Structure parabolique adaptée aux méthodes numériques comme les différences finies.
- Présente dans de nombreuses applications industrielles : refroidissement de matériaux, conduction thermique, électronique, thermique biomédicale, etc.

Formulation du problème

- On considère l'équation de la chaleur sur l'intervalle $[0, L]$, avec un coefficient de diffusivité thermique $\alpha > 0$.

Formulation du problème

- On considère l'équation de la chaleur sur l'intervalle $[0, L]$, avec un coefficient de diffusivité thermique $\alpha > 0$.
- On cherche une fonction $u(x, t)$ telle que :

$$\begin{cases} u_t(x, t) = \alpha u_{xx}(x, t), x \in [0, L], t > 0, \\ u(0, t) = 0, \quad u(L, t) = 0, t \geq 0, \\ u(x, 0) = f(x), \&x \in [0, L]. \end{cases}$$

Formulation du problème

- On considère l'équation de la chaleur sur l'intervalle $[0, L]$, avec un coefficient de diffusivité thermique $\alpha > 0$.
- On cherche une fonction $u(x, t)$ telle que :

$$\begin{cases} u_t(x, t) = \alpha u_{xx}(x, t), x \in [0, L], t > 0, \\ u(0, t) = 0, \quad u(L, t) = 0, t \geq 0, \\ u(x, 0) = f(x), \&x \in [0, L]. \end{cases}$$

- Cette équation décrit la diffusion progressive de la chaleur dans une barre de longueur L avec extrémités à température constante nulle et condition initiale $f(x)$. [8]

Solution analytique classique

- La solution par séparation des variables s'écrit sous forme de série de Fourier :

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \exp\left(-\alpha \left(\frac{n\pi}{L}\right)^2 t\right)$$

Solution analytique classique

- La solution par séparation des variables s'écrit sous forme de série de Fourier :

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \exp\left(-\alpha \left(\frac{n\pi}{L}\right)^2 t\right)$$

- Les coefficients B_n sont calculés à partir de la condition initiale $f(x)$:

$$B_n = \frac{2}{L} \int_0^L f(x) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx$$

[8]

Étude de l'équation de la chaleur: approche numérique

Approche numérique de l'équation de la chaleur

- La résolution analytique des EDP n'est pas toujours possible.

Approche numérique de l'équation de la chaleur

- La résolution analytique des EDP n'est pas toujours possible.
- Une approche numérique est nécessaire pour obtenir des solutions exploitables.

Approche numérique de l'équation de la chaleur

- La résolution analytique des EDP n'est pas toujours possible.
- Une approche numérique est nécessaire pour obtenir des solutions exploitables.
- La méthode des différences finies est simple, efficace et très utilisée.

Méthode des différences finies

- La méthode repose sur l'approximation des dérivées par des expressions discrètes.

Méthode des différences finies

- La méthode repose sur l'approximation des dérivées par des expressions discrètes.
- On démarre de la discrétisation du domaine : $x_i = i\Delta x$, $t_n = n\Delta t$.

Méthode des différences finies

- La méthode repose sur l'approximation des dérivées par des expressions discrètes.
- On démarre de la discrétisation du domaine : $x_i = i\Delta x$, $t_n = n\Delta t$.
- Puis on utilise l'approximation temporelle : $u_t \approx \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t}$.

Méthode des différences finies

- La méthode repose sur l'approximation des dérivées par des expressions discrètes.
- On démarre de la discrétisation du domaine : $x_i = i\Delta x$, $t_n = n\Delta t$.
- Puis on utilise l'approximation temporelle : $u_t \approx \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t}$.
- et l'approximation spatiale : $u_{xx} \approx \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{(\Delta x)^2}$.

Méthode des différences finies

- La méthode repose sur l'approximation des dérivées par des expressions discrètes.
- On démarre de la discrétisation du domaine : $x_i = i\Delta x$, $t_n = n\Delta t$.
- Puis on utilise l'approximation temporelle : $u_t \approx \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t}$.
- et l'approximation spatiale : $u_{xx} \approx \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{(\Delta x)^2}$.
- La substitution de ces approximations donne → schéma explicite FTCS.

Schéma explicite FTCS

- Après approximation, on obtient :

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} = \alpha \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{(\Delta x)^2}$$

Schéma explicite FTCS

- Après approximation, on obtient :

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} = \alpha \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{(\Delta x)^2}$$

- Condition initiale : $u_i^0 = f(x_i)$.

Schéma explicite FTCS

- Après approximation, on obtient :

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} = \alpha \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{(\Delta x)^2}$$

- Condition initiale : $u_i^0 = f(x_i)$.
- Conditions limites : $u_0^n = 0, u_N^n = 0$.

Condition de stabilité

- Le schéma explicite nécessite une condition de stabilité.

Condition de stabilité

- Le schéma explicite nécessite une condition de stabilité.
- Coefficient de stabilité :

$$r = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta x)^2}$$

Condition de stabilité

- Le schéma explicite nécessite une condition de stabilité.
- Coefficient de stabilité :

$$r = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta x)^2}$$

- Condition : $r < 0.5$.

Condition de stabilité

- Le schéma explicite nécessite une condition de stabilité.
- Coefficient de stabilité :

$$r = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta x)^2}$$

- Condition : $r < 0.5$.
- Cette contrainte garantit une simulation stable.[1]

Simulation sous MATLAB

Le code pour obtenir les graphes exacte et approché est le suivant:

Code MATLAB -Plot Exact vs Approché

```
1 clear; clc; close all;
2
3 % Paramètres
4 L = 1;
5 N = 50;
6 dx = L/N;
7 x = 0:dx:L;
8 T = 0.5;
9 dt = 0.0005;
10 alpha = 0.01;
11
12 % Stabilité
13 r = alpha * dt / dx^2;
14
15 % --- Solution approchée ---
16 u = sin(pi*x);
17 u_new = u;
18 u(1) = 0;
19 u(end) = 0;
20
21 for t = 0:dt:T
22     for i = 2:N
23         u_new(i) = u(i) + r * (u(i+1) - 2*u(i) + u(i-1));
24     end
25     u = u_new;
26 end
27
28 u_exact = exp(-alpha*pi^2*T) .* sin(pi*x);
29
30 % --- Plot comparatif ---
31 figure;
32 plot(x, u, 'b', 'LineWidth', 2); hold on;
33 plot(x, u_exact, 'r--', 'LineWidth', 2);
34 legend('Solution approchée', 'Solution exacte');
35 xlabel('Position x');
36 ylabel('Température');
37 title('Comparaison entre la solution exacte et la solution approchée');
38 grid on;
```

Figure: Plot Exact vs Approché

Visualisation

L'exécution du code précédent en MATLAB donne les graphes superposés suivants:

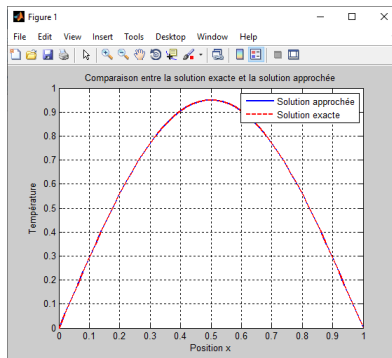


Figure: Graphe de comparaison

Comparaison visuelle

- Solution exacte : décroissance exponentielle.

Comparaison visuelle

- Solution exacte : décroissance exponentielle.
- Solution approchée : profil très similaire.

Comparaison visuelle

- Solution exacte : décroissance exponentielle.
- Solution approchée : profil très similaire.
- Superposition : courbes presque confondues.

Comparaison visuelle

- Solution exacte : décroissance exponentielle.
- Solution approchée : profil très similaire.
- Superposition : courbes presque confondues.
- Le schéma numérique reproduit bien le comportement physique.

Estimation de l'erreur numérique

Le code utilisé pour obtenir l'estimation de l'erreur est le suivant:

Code MATLAB – Estimation de l'erreur

```
1  % Erreur ponctuelle
2  e = u - u_exact;
3
4  % Norme L2 approximative
5  L2 = sqrt(sum(e.^2) * dx);
6
7  % Norme  $L_{\infty}$  (max)
8  Linf = max(abs(e));
9
10 % Affichage
11 fprintf('Erreur L2 = %.3e, Erreur Linf = %.3e\n', L2, Linf);
12
```

Figure: Estimation de l'erreur numérique

Estimation de l'erreur numérique

- La comparaison entre la solution exacte et approchée se fait par le calcul suivants:

Estimation de l'erreur numérique

- La comparaison entre la solution exacte et approchée se fait par le calcul suivants:
- Erreur ponctuelle : $e = u - u_{exact}$.

Estimation de l'erreur numérique

- La comparaison entre la solution exacte et approchée se fait par le calcul suivants:
- Erreur ponctuelle : $e = u - u_{exact}$.
- Norme L_2 calculée : 6.03×10^{-4} .

Estimation de l'erreur numérique

- La comparaison entre la solution exacte et approchée se fait par le calcul suivants:
- Erreur ponctuelle : $e = u - u_{exact}$.
- Norme L_2 calculée : 6.03×10^{-4} .
- Norme L_∞ calculée : 3.02×10^{-3} .

Estimation de l'erreur numérique

- La comparaison entre la solution exacte et approchée se fait par le calcul suivants:
- Erreur ponctuelle : $e = u - u_{exact}$.
- Norme L_2 calculée : 6.03×10^{-4} .
- Norme L_∞ calculée : 3.02×10^{-3} .
- L'erreur est faible \rightarrow bonne précision du schéma.

Stockage des codes LaTeX & MATLAB sur GitHub

Gestion du code avec GitHub

- Un **dépôt GitHub** a été créé pour centraliser tous les fichiers du projet.

Gestion du code avec GitHub

- Un [dépôt GitHub](#) a été créé pour centraliser tous les fichiers du projet.
- Permet la traçabilité des modifications et le partage avec les collaborateurs.

Gestion du code avec GitHub

- Un [dépôt GitHub](#) a été créé pour centraliser tous les fichiers du projet.
- Permet la traçabilité des modifications et le partage avec les collaborateurs.
- Structure du dépôt :

```
Projet_EDP/  
|-- Code/           % Scripts MATLAB  
|-- Figures/        % Graphiques et animations  
|-- Rapports/       % Fichiers LaTeX, PDF et references.bib  
|-- Data/           % Données expérimentales ou simulations  
|-- Diaporama/      % presentation.pdf,pptx (Beamer,PowerPoint)  
|  
|-- README.md       % Présentation du projet
```


Avantages de GitHub

- Collaboration entre plusieurs étudiants ou chercheurs.

Avantages de GitHub

- Collaboration entre plusieurs étudiants ou chercheurs.
- Suivi des modifications.

Avantages de GitHub

- Collaboration entre plusieurs étudiants ou chercheurs.
- Suivi des modifications.
- Partage des codes et résultats avec transparence.

Avantages de GitHub

- Collaboration entre plusieurs étudiants ou chercheurs.
- Suivi des modifications.
- Partage des codes et résultats avec transparence.
- Intégration avec des plateformes CI/CD pour automatiser certaines simulations ou analyses.

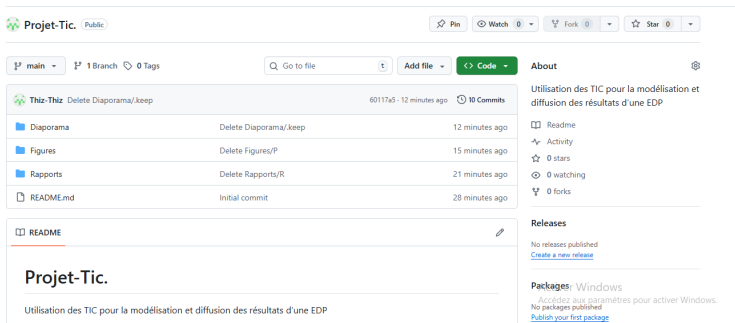


Figure: Interface GitHub du projet

Interactions PDF & inclusion d'une présentation

Interactions dans le PDF

Cette section concerne le PDF dont cette présentation est issue.

Les interactions du PDF sont les suivantes:

- La [Table des Matières](#) contient des liens cliquables vers chaque section.

Interactions dans le PDF

Cette section concerne le PDF dont cette présentation est issue.

Les interactions du PDF sont les suivantes:

- La [Table des Matières](#) contient des liens cliquables vers chaque section.
- La section [Visualisation des solutions](#) contient des liens vers le code générant chaque image.

Interactions dans le PDF

Cette section concerne le PDF dont cette présentation est issue.

Les interactions du PDF sont les suivantes:

- La [Table des Matières](#) contient des liens cliquables vers chaque section.
- La section [Visualisation des solutions](#) contient des liens vers le code générant chaque image.
- La section [GitHub](#) contient un lien vers le dépôt associé.

Interactions dans le PDF

Cette section concerne le PDF dont cette présentation est issue.

Les interactions du PDF sont les suivantes:

- La [Table des Matières](#) contient des liens cliquables vers chaque section.
- La section [Visualisation des solutions](#) contient des liens vers le code générant chaque image.
- La section [GitHub](#) contient un lien vers le dépôt associé.
- Chaque partie interactive du PDF est ainsi facilement accessible pour le lecteur.

Présentation du projet

- Ce document Beamer a été créé pour faciliter la présentation du projet en temps réel via Google Meet ou datashow.

Présentation du projet

- Ce document Beamer a été créé pour faciliter la présentation du projet en temps réel via Google Meet ou datashow.
- Permet de montrer les codes, les simulations et les résultats de manière claire et interactive.

Conclusion

Conclusion générale

- Le projet illustre le rôle essentiel des TIC dans la modélisation, la résolution et la diffusion scientifique, en particulier pour les EDP.

Conclusion générale

- Le projet illustre le rôle essentiel des TIC dans la modélisation, la résolution et la diffusion scientifique, en particulier pour les EDP.
- L'étude de l'équation de la chaleur illustre la traduction d'un problème physique en modèle mathématique puis résolution numérique via la méthode des différences finies.

Conclusion générale

- Le projet illustre le rôle essentiel des TIC dans la modélisation, la résolution et la diffusion scientifique, en particulier pour les EDP.
- L'étude de l'équation de la chaleur illustre la traduction d'un problème physique en modèle mathématique puis résolution numérique via la méthode des différences finies.
- MATLAB a facilité l'implémentation des schémas et la visualisation de l'évolution de la température de notre équation

Conclusion générale

- Le projet illustre le rôle essentiel des TIC dans la modélisation, la résolution et la diffusion scientifique, en particulier pour les EDP.
- L'étude de l'équation de la chaleur illustre la traduction d'un problème physique en modèle mathématique puis résolution numérique via la méthode des différences finies.
- MATLAB a facilité l'implémentation des schémas et la visualisation de l'évolution de la température de notre équation
- La comparaison des solutions exacte vs solution approchée permet l'évaluation de la qualité de l'approximation et identification des limites du schéma choisi.

Aspects collaboratifs et documentaires

- Programmation des algorithmes d'approximation par MATLAB.

Aspects collaboratifs et documentaires

- Programmation des algorithmes d'approximation par MATLAB.
- Structuration d'un espace de travail collaboratif et suivi rigoureux des modifications par Overleaf.

Aspects collaboratifs et documentaires

- Programmation des algorithmes d'approximation par MATLAB.
- Structuration d'un espace de travail collaboratif et suivi rigoureux des modifications par Overleaf.
- Intégration de GitHub pour centraliser les codes et documents.

Aspects collaboratifs et documentaires

- Programmation des algorithmes d'approximation par MATLAB.
- Structuration d'un espace de travail collaboratif et suivi rigoureux des modifications par Overleaf.
- Intégration de GitHub pour centraliser les codes et documents.
- Les TIC sont des supports essentiels pour organiser, tracer et communiquer une démarche scientifique rigoureuse.

Intérêt des TIC

- Les TIC relient théorie et expérimentation numérique.

Intérêt des TIC

- Les TIC relient théorie et expérimentation numérique.
- Elles améliorent la compréhension conceptuelle grâce aux visualisations interactives.

Intérêt des TIC

- Les TIC relient théorie et expérimentation numérique.
- Elles améliorent la compréhension conceptuelle grâce aux visualisations interactives.
- Elles renforcent les compétences collaboratives indispensables dans le contexte scientifique moderne.

Références

- [1] Filipa Caetano. Méthode des différences finies pour l'équation de la chaleur, 2023.
- [2] Canva. Explore canva features to unlock your creativity, 2024.
- [3] Python Software Foundation. About python, 2024.
- [4] GeoGebra. Geogebra homepage, 2024.
- [5] GitHub. Why github, 2024.
- [6] Google. Welcome to google colab, 2024.
- [7] Auteur inconnu. Les technologies de l'information et de la communication (tic) dans un processus d'apprentissage organisationnel : pour une coordination émergente entre le local et le global. *Communication et organisation*, 2004.
- [8] Auteur inconnu. Mémoire de fin d'études sur l'équation de la chaleur, 2020.
- [9] Project Jupyter. About project jupyter, 2024.
- [10] MathWorks. Mathworks solutions, 2024.
- [11] Overleaf. Overleaf features overview, 2024.
- [12] MathWorks Teaching Resources. Numerical methods with matlab – mathworks teaching resources, 2024.
- [13] Zotero. Zotero frontpage, 2024.