

Caméra Timelapse

Présentation technique du projet

THIEFFRY Raphaël, HUA Olivier, RIBETTE Baptiste, PUYAUBREAU Ethan et
RUSSAC Antonin

Polytech Paris-Saclay
Université Paris-Saclay

28 avril 2025



Plan

- 1 Introduction
- 2 Cahier des charges
- 3 Partie mécanique
- 4 Partie électronique
- 5 Partie informatique
- 6 Traitement multimédia
- 7 Démonstration
- 8 Conclusion

Contexte et Objectifs

- Création d'une caméra timelapse autonome et connectée
- Développement complet : matériel, logiciel et interfaces utilisateur
- Utilisation d'une Raspberry Pi et d'un module caméra fournis

Qu'est-ce qu'un Timelapse ?

- Technique photographique qui compresse le temps
- Capture d'images à intervalles réguliers
- Assemblées en vidéo à fréquence normale (24-30 fps)
- Permet d'observer des phénomènes lents (construction, floraison, etc.)

[Image exemple de timelapse]

Objectifs du projet

- **Objectif principal** : Infrastructure matérielle et logicielle permettant la création d'une vidéo à partir d'une série d'images capturées via une caméra sans fil
- **Objectifs secondaires** :
 - Créer un serveur de traitement et stockage
 - Développer une interface d'accès Web
 - Concevoir une application mobile
 - Fabriquer un boîtier résistant aux intempéries
 - Concevoir une carte électronique pour gérer l'énergie

Périmètre du projet

Informatique :

- Traitement et stockage des données
- Serveur, interfaces Web et Android
- Publication de l'application

Électronique :

- Système autonome d'alimentation
- Gestion de la consommation d'énergie
- Protocoles de communication

Mécanique :

- Boîtier étanche et robuste
- Système de fixation adaptable
- Facilité de montage/démontage

Hors périmètre :

- Conception de la caméra
- Traitement d'images avancé
- Conception du matériel informatique

Applications visées

- **Projets de construction**
 - Suivi de l'évolution des chantiers
 - Documentation du processus de construction
- **Phénomènes naturels**
 - Croissance des plantes, floraison
 - Événements météorologiques, lever/coucher de soleil
- **Événements de longue durée**
 - Expositions, événements publics
- **Projets artistiques**
 - Création de contenu visuel
 - Narration visuelle accélérée

Spécifications et Cahier des Charges

- Fonctionnalités attendues du système complet
- Contraintes techniques à respecter
- Livrables du projet

Fonctionnalités principales

- **Acquisition d'images**

- Capture programmable à intervalles réguliers
- Résolution suffisante pour générer des vidéos HD
- Stabilité et qualité d'image optimales

- **Gestion des données**

- Stockage local des images sur la Raspberry Pi
- Transmission des images vers un serveur distant
- Optimisation de la consommation d'énergie et de bande passante

- **Interfaces utilisateur**

- Interface web et application mobile pour configuration
- Visualisation des images et vidéos générées
- Informations en temps réel sur l'état de la caméra

Contraintes du projet

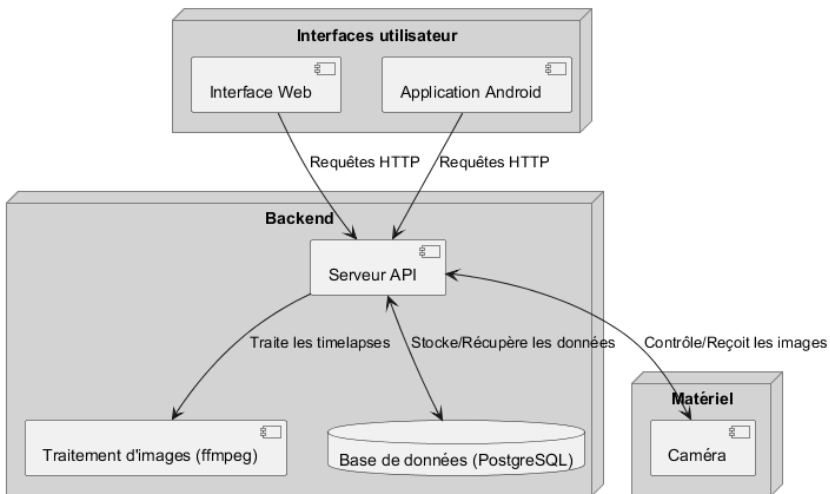
Contraintes techniques

- Autonomie énergétique (batterie + panneau solaire)
- Résistance aux intempéries (boîtier IP65)
- Connectivité réseau fiable
- Capacité de stockage suffisante

Contraintes organisationnelles

- Budget limité
- Délais de développement contraints
- Coordination entre équipes multidisciplinaires
- Disponibilité des ressources matérielles

Architecture globale du système



Livrables

- **Prototype de caméra timelapse fonctionnel** comprenant :
 - Système électronique complet
 - Boîtier résistant aux intempéries
 - Logiciel embarqué sur Raspberry Pi
- **Logiciels et interfaces**
 - Serveur de traitement et stockage
 - Interface web
 - Application mobile Android
- **Documentation**
 - Plans et schémas techniques
 - Rapport de projet détaillé
 - Plan Qualité Projet (PQP)

Indicateurs de performance

Indicateurs de gestion

- Tâches complétées par semaine
- Pourcentage d'avancement vs plan
- Respect des délais prévus
- Nouvelles compétences acquises

Indicateurs techniques

- Autonomie énergétique du système
- Fiabilité des transmissions de données
- Qualité des vidéos générées
- Score de satisfaction utilisateur

Partie mécanique

- Conception d'un boîtier robuste et adapté
- Choix des matériaux pour environnement extérieur
- Système de fixation modulaire et ajustable
- Protection des composants électroniques

Conception mécanique

Caractéristiques principales :

- Boîtier étanche IP65 (résistant aux intempéries)
- Support orientable pour cadrage optimal
- Fixation universelle (trépied, rail, mur)
- Accès facile aux composants pour maintenance
- Ventilation passive pour éviter la surchauffe

[Image du prototype boîtier]

Méthodologie de conception

- **Approche par cycle en V avec itérations**
 - Phase d'analyse des besoins
 - Spécifications techniques détaillées
 - Conception générale et détaillée
 - Prototypages successifs et tests
- **Intégration avec la partie électronique**
 - Communication constante entre équipes mécanique et électronique
 - Conception adaptée aux contraintes d'assemblage
 - Marges de sécurité pour ajustements finaux

Processus de fabrication

- **Prototypage :**
 - Conception 3D sur Solidworks
 - Impression 3D avec Bambu Lab X1S (PLA)
 - Tests d'étanchéité et de résistance
 - Organisation de répertoires "RELEASE" pour archiver chaque prototype
- **Optimisations :**
 - Réduction du poids tout en maintenant la solidité
 - Amélioration de la ventilation interne
 - Simplification du montage/démontage
 - Passages de câbles optimisés

Choix des matériaux

- **Matériau principal : PLA**
 - Facilité d'impression et précision dimensionnelle
 - Coût raisonnable (20€/kg)
 - Rigidité adaptée aux contraintes mécaniques
- **Analyse et sélection**
 - Utilisation du logiciel CES pour le choix du matériau
 - Calculs de contraintes avec RDM6
 - Compromis entre légèreté, résistance et coût
- **Éléments complémentaires**
 - Visserie standard pour faciliter maintenance
 - Joints d'étanchéité sur mesure
 - Supports anti-vibration pour la caméra

Défis mécaniques rencontrés

Défis

- Intégration mécatronique complexe
- Étanchéité vs ventilation
- Poids vs rigidité
- Tolérance dimensionnelle de l'impression 3D

Solutions

- Communication renforcée entre équipes
- Systèmes d'aération avec filtres
- Nervures de renfort dans la conception
- Tests et itérations multiples

Partie électronique

- Conception du système électronique autonome
- Gestion intelligente de l'énergie
- Intégration des composants avec la Raspberry Pi
- Protocoles de communication

Composants électroniques principaux

Unité de traitement :

- Raspberry Pi 4B avec Raspbian
- Module caméra fourni par l'école
- Microcontrôleur STM32 pour gestion d'énergie
- Capteur hygrométrique

Connectivité :

- WiFi intégré à la Raspberry Pi
- Connexions filaires sécurisées

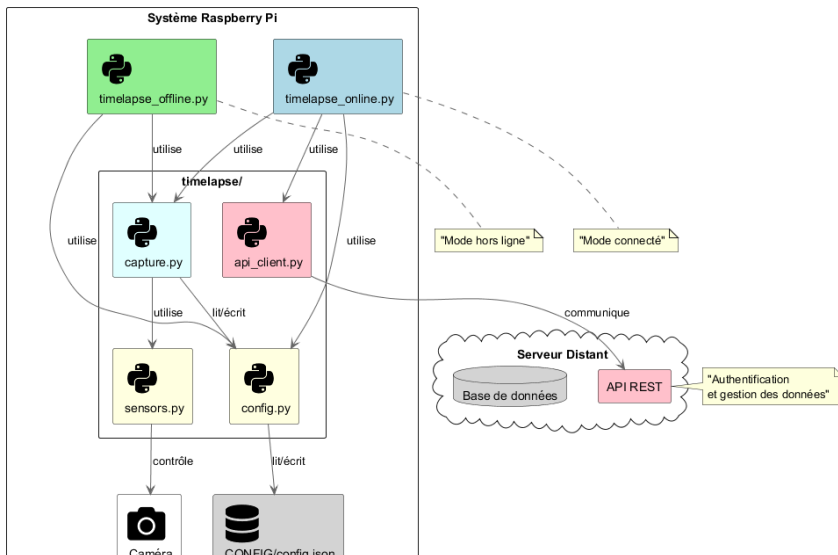
Alimentation :

- Batterie de 6€
- Panneaux solaires
- Modules d'alimentation à découpage (2)
- Système de gestion d'énergie

Composants additionnels :

- Transistors (2 en 1)
- LED indicatrices d'état
- Résistances et condensateurs
- Connectique et câbles

Architecture électronique



Conception et fabrication du PCB

- **Outils de conception :**
 - Altium Designer pour conception et routage
 - STM32 CubeIDE et STMicroProgrammer pour le développement logiciel
- **Processus de fabrication :**
 - Utilisation d'une graveuse mécanique
 - PCB vierge (6€)
 - Assemblage manuel des composants
 - Tests de fonctionnement
- **Approche itérative :**
 - Versions successives documentées
 - Répertoires numérotés par version de production
 - Archives détachées des répertoires de travail

Gestion de l'énergie

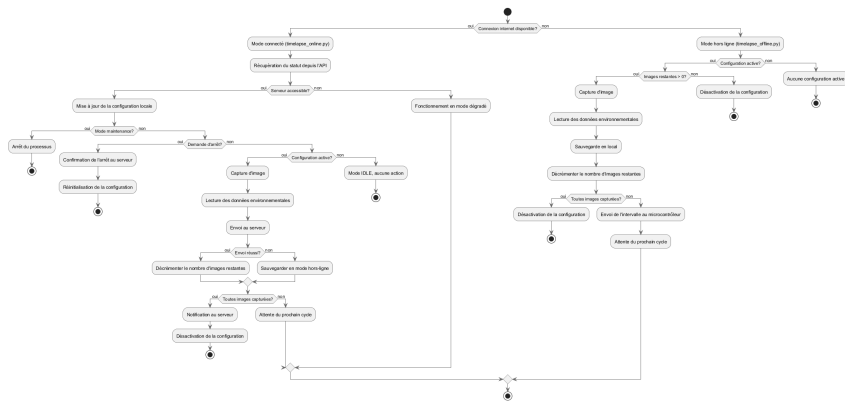
Enjeux énergétiques :

- Autonomie complète en extérieur
- Optimisation de la consommation
- Gestion des cycles charge/décharge
- Adaptation aux conditions météo

Solutions implémentées :

- Circuit de charge intelligent
- Mode économie d'énergie
- Surveillance de la batterie
- Protection contre décharge profonde

Flux de traitement des données



- Capture et traitement d'images optimisés
- Stockage temporaire sur la Raspberry Pi
- Synchronisation avec le serveur distant

Défis électroniques

Défis rencontrés :

- Intégration mécatronique
- Problématiques d'autonomie énergétique
- Fiabilité des connexions
- Gestion de la chaleur

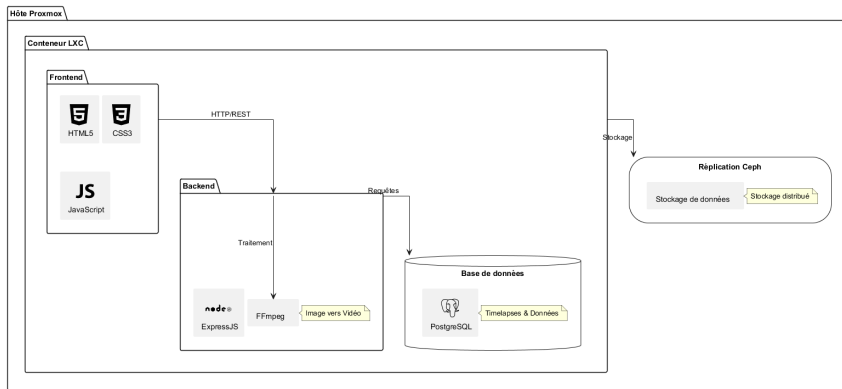
Solutions apportées :

- Communication constante avec l'équipe mécanique
- Design électronique à basse consommation
- Connecteurs sécurisés et isolés
- Systèmes de dissipation thermique

Architecture informatique

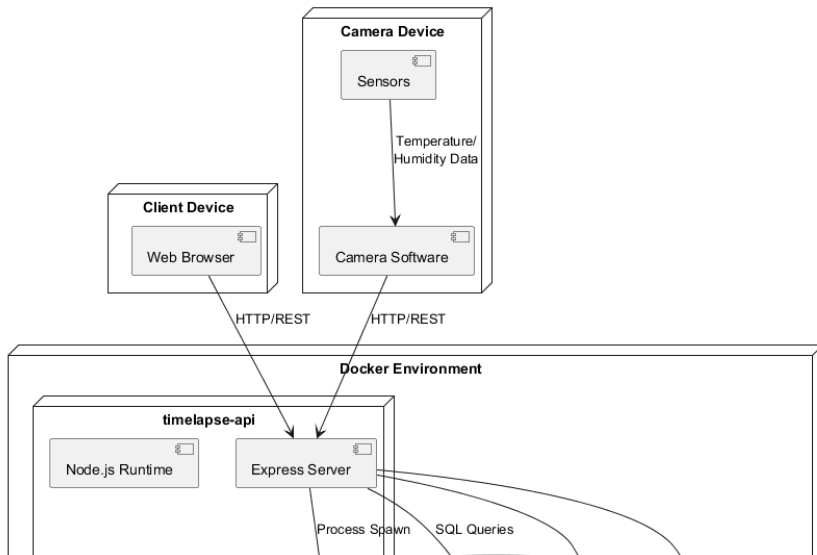
- Développement basé sur méthodologie agile
- Architecture client-serveur distribuée
- Trois composants principaux : Backend, Frontend, Application mobile
- Infrastructure robuste et sécurisée

Architecture globale

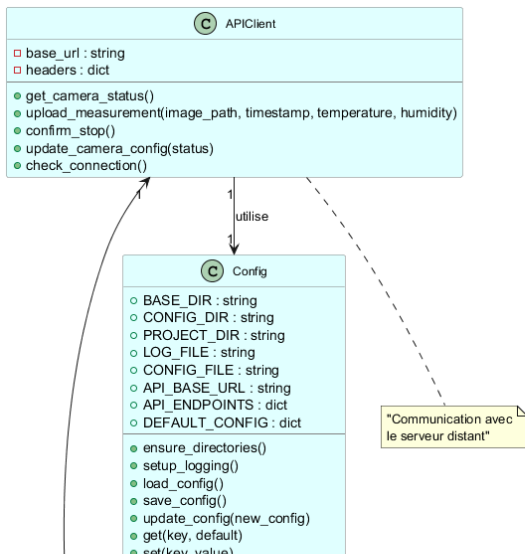


- Architecture modulaire avec interfaces standardisées
- Communication via API REST sécurisée
- Séparation claire des responsabilités
- Intégration continue et déploiement automatisé

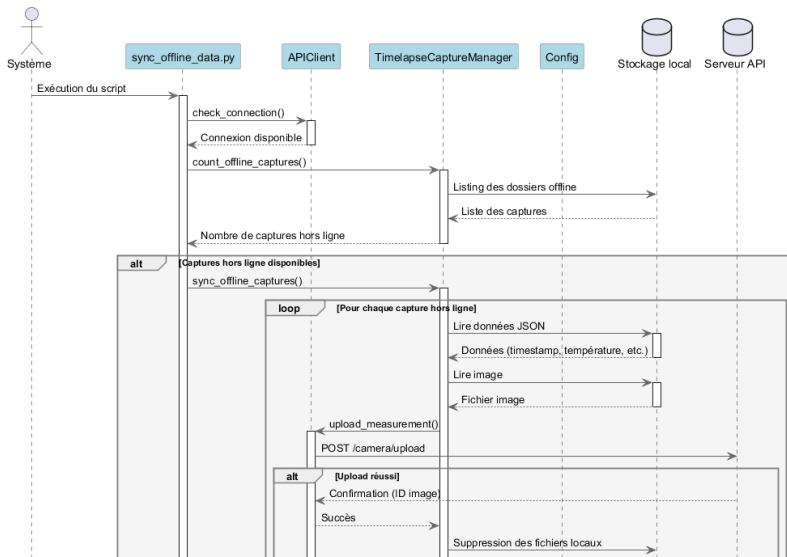
Infrastructure et déploiement



Structure des classes et composants



Synchronisation des données



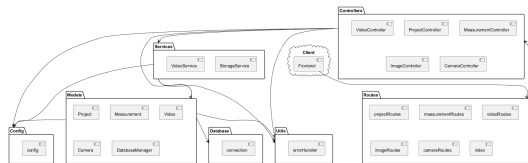
Backend - Technologies et architecture

Technologies utilisées :

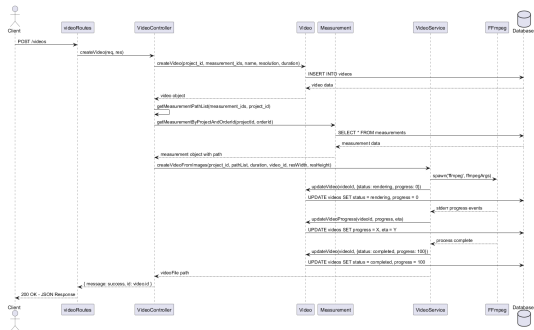
- Node.js + Express
- FFMPEG pour traitement vidéo
- NPM pour la gestion des dépendances
- Docker pour la conteneurisation

Architecture :

- Architecture MVC
- API RESTful
- Traitement asynchrone
- Gestion des erreurs robuste



Backend - Modèles de données et traitement



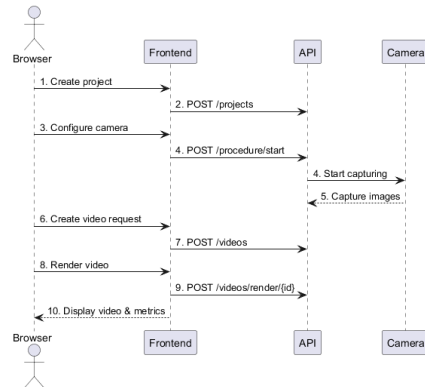
Frontend Web

Technologies et organisation :

- Javascript (jQuery) + HTML + CSS
- Organisation modulaire du code
- Style universel pour confort utilisateur
- Interface responsive et intuitive

Fonctionnalités principales :

- Gestion des projets timelapse
- Visualisation des images et vidéos
- Configuration des paramètres
- Carousel 3D animé et modulable



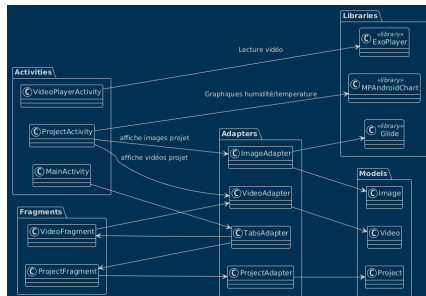
Application Mobile Android

Technologies :

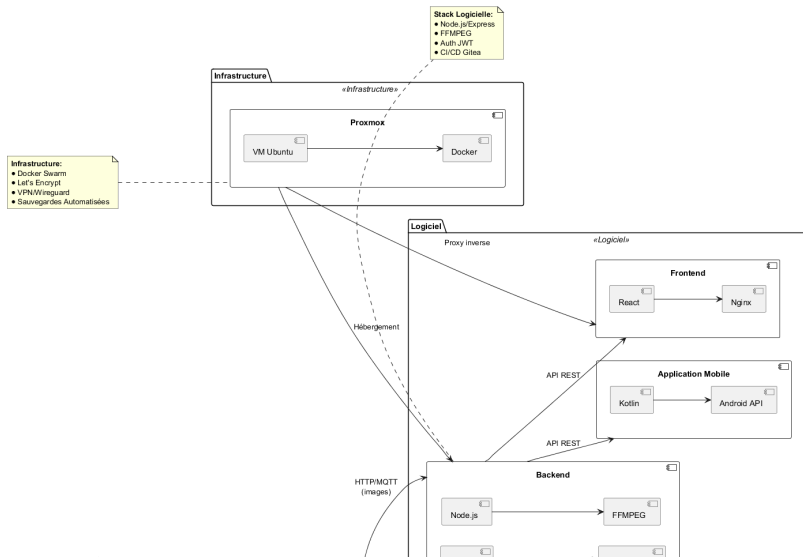
- Kotlin avec Retrofit et Glide
- XML pour layouts
- Android API native

Fonctionnalités :

- Visualisation des projets et timelapses
- Configuration à distance des caméras
- Mode hors-ligne avec synchronisation
- Notifications en temps réel



Intégration et flux de données



Sécurité et optimisation

- **Sécurité :**

- Authentification sécurisée
- Exposition sécurisée via reverse proxy
- Chiffrement des communications
- VPN et re-routage d'adresses IP

- **Optimisation :**

- Adaptation de la qualité selon la connexion
- Mise en cache des données pour fonctionnement hors-ligne
- Traitement asynchrone des tâches lourdes
- Compression adaptative des images et vidéos

Traitement multimédia

- Acquisition et traitement des images
- Génération automatisée des timelapses
- Optimisation des processus de traitement
- Compatibilité avec différents formats et résolutions

Acquisition d'images

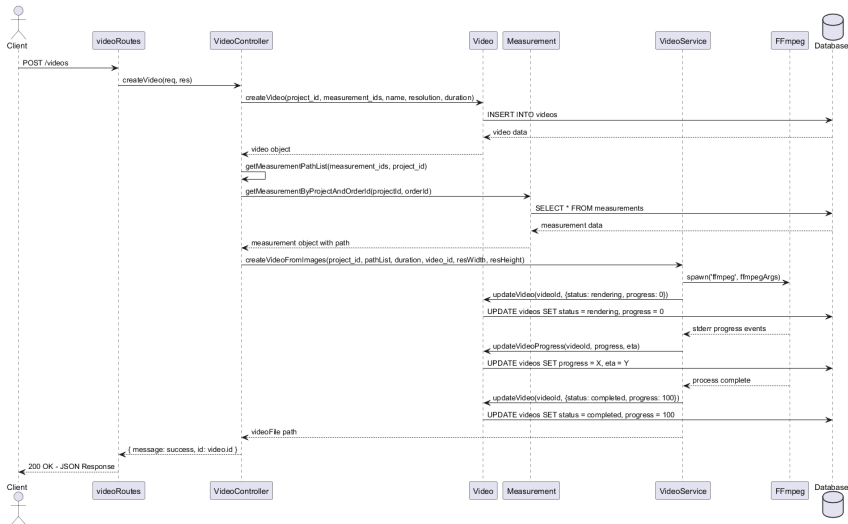
Paramètres de capture :

- Résolution : jusqu'à HD (1920×1080)
- Format : JPEG optimisé
- Intervalles configurables via l'interface
- Exposition automatique adaptative

Optimisations :

- Adaptation auto selon les conditions
- Balance des blancs automatique
- Compression intelligente
- Stockage efficient des métadonnées

Processus de capture et traitement



Traitement des images

- **Pré-traitement sur la Raspberry Pi :**
 - Validation de la qualité de l'image
 - Compression adaptative selon la connexion
 - Stockage temporaire sécurisé
 - Préparation pour transmission
- **Traitement sur le serveur :**
 - Normalisation des images
 - Correction de luminosité entre les prises
 - Algorithme anti-scintillement (deflicker)
 - Détection et élimination des images défectueuses

Génération de timelapses

Pipeline de traitement :

- ➊ Importation et vérification des images
- ➋ Traitement par lot avec FFMPEG
- ➌ Ajout d'effets et transitions
- ➍ Encodage optimisé (H.264/H.265)
- ➎ Génération de vignettes pour les interfaces

Options de personnalisation :

- Vitesse de lecture ajustable
- Résolution de sortie configurable
- Options de qualité/compression
- Possibilité d'ajouter des titres
- Formats de sortie multiples

Optimisations du traitement

- **Performance serveur :**

- Traitement asynchrone des requêtes
- File d'attente pour les tâches intensives
- Parallélisation des opérations quand possible
- Cache intelligent des ressources

- **Optimisation bande passante :**

- Compression adaptative selon la qualité du réseau
- Transfert par lots d'images
- Reprise automatique des transferts interrompus
- Priorisation des données essentielles

Défis et solutions techniques

Défis :

- Variations de luminosité entre prises
- Connexion réseau intermittente
- Ressources limitées sur la Raspberry Pi
- Conservation de la qualité d'image

Solutions :

- Algorithmes de normalisation
- Système de mise en cache et synchronisation
- Optimisation du code pour faible consommation
- Paramètres de compression intelligents

Démonstration du projet

Présentation du prototype fonctionnel

Prototype intégré

Présentation du prototype :

- Boîtier complet avec tous les composants intégrés
- Système électronique fonctionnel
- Connexion au serveur et démonstration de capture
- Tests des différentes fonctionnalités

[Photo du prototype complet]

Interface web

[Capture d'écran de l'interface web] *Interface de gestion des projets timelapse*

Démonstration des fonctionnalités :

- Création et configuration d'un projet
- Visualisation des images capturées
- Génération et visualisation d'une vidéo timelapse
- Configuration des paramètres de capture

Application Android

[Capture d'écran de l'application mobile] *Application mobile de contrôle et visualisation*

Démonstration des fonctionnalités :

- Connexion et authentification
- Consultation des projets en cours
- Configuration à distance de la caméra
- Visualisation des timelapses générés

Vidéos timelapses générées

[Exemples de timelapses générés] *Résultats obtenus avec le système développé*

- Présentation de plusieurs exemples de timelapse
- Démonstration de différents intervalles et durées
- Qualité d'image et stabilité du résultat
- Comparaison avant/après traitement

Performances et résultats

- **Autonomie énergétique :**
 - Test en conditions réelles sur plusieurs jours
 - Données de consommation et recharge
- **Fiabilité de la transmission :**
 - Statistiques de transmissions réussies
 - Tests en conditions de connexion dégradée
- **Qualité du traitement :**
 - Stabilité des vidéos générées
 - Efficacité des algorithmes de correction

Bilan et perspectives

Résumé

- Synthèse des apports du projet
- Retour d'expérience

Perspectives

- Améliorations possibles
- Suites envisagées

Bilan du projet

Objectifs atteints :

- Système fonctionnel et autonome
- Interface utilisateur intuitive
- Qualité d'image satisfaisante
- Communication fiable entre composants
- Solution complète de bout en bout

Retour d'expérience :

- Travail en équipe pluridisciplinaire
- Gestion des contraintes techniques
- Adaptation aux imprévus
- Intégration de multiples technologies
- Respect des délais et du budget

Difficultés rencontrées et solutions

- **Autonomie énergétique**

- Difficulté : Consommation élevée du Raspberry Pi
- Solution : Mode veille optimisé et panneau solaire dimensionné

- **Transmission des données**

- Difficulté : Connexion instable en zone reculée
- Solution : File d'attente et compression intelligente

- **Intégration des composants**

- Difficulté : Espace limité et contraintes thermiques
- Solution : Conception 3D optimisée et refroidissement passif

Perspectives d'évolution

Améliorations techniques :

- Réduction de la consommation énergétique
- Augmentation de la résolution (8K)
- Intégration de l'IA pour traitement avancé
- Optimisation pour conditions extrêmes

Nouvelles fonctionnalités :

- Détection automatique d'événements
- Contrôle par commande vocale
- Intégration avec drones pour vues dynamiques
- Analyses prédictives des phénomènes observés

Applications futures

- **Domaine scientifique**

- Surveillance environnementale
- Étude des écosystèmes
- Documentation des changements climatiques

- **Domaine industriel**

- Suivi de chantiers complexes
- Contrôle de processus industriels
- Documentation pour assurances et contentieux

- **Domaine artistique et médiatique**

- Productions audiovisuelles professionnelles
- Installations artistiques interactives
- Documentation d'événements culturels

Mot de la fin

Merci pour votre attention !

Des questions ?

Conclusion

- Réalisation d'un système complet de caméra timelapse autonome
- Approche multi-disciplinaire : mécanique, électronique et informatique
- Méthodologie agile et développement en cycle en V avec itérations
- Tous les objectifs initiaux atteints avec succès

Récapitulatif du projet

Réalisations techniques :

- Boîtier robuste et résistant aux intempéries
- Système électronique autonome
- Infrastructure serveur complète
- Interfaces web et mobile fonctionnelles

Résultats obtenus :

- Prototype fonctionnel
- Interface utilisateur intuitive
- Qualité des timelapses générés
- Fiabilité du système complet

Gestion des risques

Risques identifiés	Impact potentiel	Solutions mises en œuvre
Intégration mécatronique	Délais, coûts	Communication renforcée
Dysfonctionnement serveur	Pertes de données	Système robuste, sauvegarde
Manque de ressources	Délais	Ressources personnelles

- Analyse précoce des risques
- Actions préventives efficaces
- Réactivité face aux problèmes rencontrés

Compétences développées

- **Compétences techniques :**
 - Conception mécanique et fabrication additive
 - Conception électronique et intégration
 - Développement logiciel full-stack (serveur, web, mobile)
 - Administration système et DevOps
- **Compétences transversales :**
 - Gestion de projet agile
 - Communication interdisciplinaire
 - Résolution de problèmes complexes
 - Documentation technique

Perspectives d'amélioration

- **Améliorations techniques possibles :**
 - Optimisation de l'autonomie énergétique
 - Ajout de capteurs environnementaux supplémentaires
 - Amélioration des algorithmes de traitement d'images
 - Interface de configuration plus complète
- **Évolutions potentielles :**
 - Support pour plusieurs caméras synchronisées
 - Intégration d'intelligence artificielle pour analyse
 - Version commercialisable avec documentation utilisateur
 - Extension à d'autres usages (surveillance, etc.)

Remerciements et questions

Merci pour votre attention

Projet réalisé par
THIEFFRY Raphaël, HUA Olivier, RIBETTE Baptiste,
PUYAUBREAU Ethan et RUSSAC Antonin

Questions ?

Remerciements

Merci pour votre attention !