



## 🌱 Éco-conception App Zoom

Du diagnostic à l'impact : optimiser, mesurer, décider

Présentation Orale

**Unité Fonctionnelle :** Participer à une visioconférence avec Zoom

## Plan de la présentation

### **1** Introduction & Problématique

- Application Zoom - Éco-conception
- Défi environnemental des visioconférences
- Approche dual : Zoom théorique + disaster-web2 pratique

### **2** ACV Simplifiée (C1)

- Méthodologie ACV screening
- Mesures baseline disaster-web2
- Hotspots identifiés et priorisés
- Limites et incertitudes

### **3** Cadrage & Budget (C2)

- Objectifs chiffrés et KPI
- Budget environnemental
- Arbitrages gains/efforts/contraintes
- Plan d'accompagnement

### **4** Référentiel & Implémentations (C3-C4)

- Bonnes pratiques RGESN adaptées
- Optimisations implémentées
- Tests et validation
- Traçabilité technique

### **5** Mesures & Analyse (C5)

- Protocole de mesure
- Résultats avant/après
- Gains quantifiés
- Recommandations

### **6** Conclusion & Décisions

- Synthèse des résultats
- Décisions prises
- Prochaines étapes
- Questions & discussion



## **Introduction & Problématique**

## Pourquoi se préoccuper de l'éco-conception ?

### Impact environnemental du numérique

#### Chiffres Clés

- **Le numérique** = ~4% des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>
- **Croissance annuelle** = ~9% de l'impact écologique
- **Visioconférences** = Usage massif post-COVID
- **Zoom** = 300+ millions d'utilisateurs quotidiens

#### Opportunité

*Réduire l'empreinte commence dès la conception.*

**4%**

Émissions mondiales CO<sub>2</sub>

**300M+**

Utilisateurs Zoom/jour

## 🎯 Problématique & Approche

### Le défi environnemental des visioconférences

#### Problématique

- **Impact actuel** : Consommation énergétique élevée
- **Bande passante** : Usage excessif des ressources
- **Code source** : Non accessible pour optimisation directe
- **Besoin** : Réduction impact environnemental

#### Approche Dual

- **Zoom** : Cadrage théorique et préconisations
- **Disaster-web2** : Implémentation pratique et mesures
- **Méthodologie** : ACV simplifiée applicable
- **Validation** : Mesures concrètes sur proxy

### UF : Participer à une visioconférence avec Zoom

Proxy technique : disaster-web2



## Les grands principes

### Fondamentaux de l'éco-conception

#### Principes Clés

- **Sobriété fonctionnelle** : Faire moins mais mieux
- **Efficacité énergétique** : Optimiser la consommation
- **Longévité des équipements** : Prolonger la durée de vie
- **Accessibilité et inclusion** : Design universel

#### Philosophie

*Moins, mieux, plus longtemps.*

#### Application Zoom

- Interface sobre et épurée
- Optimisation énergétique < 2.5 kWh/heure
- Compatibilité anciens terminaux
- Accessibilité pour tous les utilisateurs



**ACV Simplifiée (C1)**



## Méthodologie ACV Simplifiée

### Approche screening par UF

#### Choix de Méthode

- **ACV screening** : Focus sur postes d'impact observables
- **Périmètre** : Réseau/terminal/serveur avec données de fonctionnement
- **Limite** : Absence données fines matériaux/fabrication
- **Orientation** : Principe Pareto vers l'usage

#### Outils Utilisés

- **Lighthouse** : Audit performance complet
- **EcoIndex** : Score environnemental (0-100)
- **Green-IT Analysis** : Bonnes pratiques
- **Chrome DevTools** : Métriques détaillées

### Facteurs d'émission : Base Carbone ADEME

Sources documentées en annexe



## 🎯 Unité Fonctionnelle & Hypothèses

### Définition précise et contexte d'usage

#### UF (Unité Fonctionnelle)

"Afficher une visioconférence Zoom depuis l'interface web avec toutes les fonctionnalités (vidéo, audio, chat, partage d'écran)."

#### Périmètre

- **Frontend** : Interface utilisateur, streaming vidéo
- **Backend** : Serveurs de traitement, stockage
- **Réseau** : Transmission des données
- **Infrastructure** : Datacenters, équipements

#### Hypothèses d'Usage

- **10 réunions/mois/utilisateur**
- **80% desktop, 20% mobile**
- **Réseau fibre/4G**
- **Session moyenne 45 minutes**
- **5 participants par réunion**

#### Limites

- **Périmètre simplifié** : Focus sur l'utilisation
- **Données proxy** : Lighthouse comme indicateur EcoIndex
- **Facteurs d'émission** : Valeurs moyennes

## Mesures Baseline Disaster-web2

### Résultats de mesure AVANT optimisation

#### Lighthouse Scores

- **Performance** : 25/100 ❌ (Critique)
- **Accessibility** : 79/100 ✅ (Bon)
- **Best Practices** : 100/100 ✅ (Excellent)
- **SEO** : 75/100 ✅ (Bon)

#### Métriques Détaillées

- **DOM Size** : 174 éléments
- **Total Blocking Time** : 950ms
- **Image Delivery** : 6,830 KiB d'économies possibles

#### Impact Environnemental Estimé

- **CO2 par session** : 0.44 gCO2e (estimé)
- **Bande passante** : 8,830 KiB par session
- **EcoIndex** : Estimé C/D (26/100)
- **Temps de chargement** : Élevé

#### Hotspots Identifiés

- **Images non optimisées** : 6,830 KiB
- **Bundle JavaScript** : Volumineux
- **Cache désactivé** : Rechargement systématique
- **DOM complexe** : 174 éléments



## Analyse par Phase & Composant

### Lecture par phase/composant (synthèse)

Phase	Impact	Composants Critiques	Actions Prioritaires
Utilisation/Réseau	Élevé	Surpoids médias, trop de requêtes, cache désactivé	Optimisation images, compression, cache
Utilisation/Terminal	Moyen	Surcharge rendu (images, 3D), fuites mémoire	Simplification DOM, lazy loading
Serveur	Faible	Endpoints non optimisés, compression non activée	Cache, pagination, compression

### Priorisation Initiale

Réseau (images, requêtes, compression) > Terminal (DOM/fuites) > Serveur (cache, optimisation)

## 🎯 Hotspots Identifiés & Priorisation

### Mapping gains/efforts pour optimisations

#### PRIORITÉ 1 - Quick Wins

- **Images non optimisées** : 6,830 KiB → 1,366 KiB (-80%)
- **Cache désactivé** : Rechargement → Cache hit >80%
- **Purge CSS** : Styles inutilisés → CSS réduit de 50%

#### PRIORITÉ 2 - Optimisations Moyennes

- **Bundle JavaScript** : ~2MB → 800KB (-60%)
- **Code splitting** : Séparation des bundles
- **Tree shaking** : Suppression code inutilisé

#### PRIORITÉ 3 - Optimisations Avancées

- **Service Workers** : Cache avancé
- **Lazy loading** : Chargement à la demande
- **Virtualisation DOM** : Réduction complexité

#### Objectifs Chiffrés

- **Performance Lighthouse** : 25 → 85 (+240%)
- **EcoIndex** : C/D → A/B (+2 grades)
- **Impact CO2** : 0.44 → 0.11 gCO2e (-75%)
- **Bande passante** : 8,830 → 2,166 KiB (-75%)

## ! Limites et Incertitudes

### Transparence sur les limites méthodologiques

#### Limites Méthodologiques

- **Périmètre simplifié** : Focus sur l'utilisation
- **Données proxy** : Lighthouse comme indicateur EcoIndex
- **Facteurs d'émission** : Valeurs moyennes
- **Approche dual** : Zoom théorique + disaster-web2 pratique

#### Incertitudes

- **Variabilité réseau** :  $\pm 20\%$  sur bande passante
- **Hétérogénéité clients** :  $\pm 30\%$  sur consommation
- **Facteurs d'émission** :  $\pm 15\%$  sur CO2

#### Validations Nécessaires

- **Mesures réelles** : EcoIndex, Green-IT
- **Tests utilisateurs** : Performance perçue
- **Monitoring continu** : Métriques temps réel
- **Extrapolation Zoom** : Validation des préconisations

#### Répliquabilité

- **Méthodologie** : Applicable à d'autres services
- **Outils** : Standards du marché
- **Approche** : Dual théorique/pratique



## **Cadrage & Budget (C2)**



## KPI et Objectifs Chiffrés

### Indicateurs de performance environnementaux

#### KPI Retenus (UF "participer à une visioconférence")

- **Poids page (KB)** — objectif :  $\leq 1,0\text{MB}$
- **Nb de requêtes** — objectif :  $< 60$
- **EcoIndex** — objectif :  $\geq B$  (70+)
- **Temps d'affichage (TTI/visuel)** — objectif :  $-60\%$
- **Ordre de grandeur CO<sub>2</sub>e/consultation** — objectif :  $-75\%$

#### Budget Environnemental (v0)

"Pour 1 participation à une visioconférence, viser  $\leq 1,0\text{MB}$  et  $< 60$  requêtes, avec EcoIndex  $\geq B$ , soit  $-75\%$  d'émissions par rapport à la situation initiale."

#### ROI Environnemental

- **Réduction CO<sub>2</sub>** :  $0.44 \rightarrow 0.11 \text{ gCO}_2\text{e}$  ( $-75\%$ )
- **Économies bande passante** :  $8,830 \rightarrow 2,166 \text{ KiB}$  ( $-75\%$ )
- **Impact utilisateur** :  $1\text{M}$  utilisateurs =  $330$  tonnes CO<sub>2</sub> économisées/an



## Arbitrages & Contraintes

### Équilibre gains/efforts/contraintes

#### Arbitrages Notables

- **Garder la qualité vidéo** (conformité produit) → compresser/adapter au lieu de supprimer
- **Sécurité des réunions** (no cache sensible côté client) → préférer cache CDN avec règles
- **Charge équipe** : viser quick wins en priorité (images, cache, compression)

#### Contraintes Techniques

- **Code source non accessible** : Approche dual nécessaire
- **Délais courts** : Optimisations rapides prioritaires
- **Compatibilité navigateurs** : Support large nécessaire

#### Contraintes Produit

- **Expérience utilisateur** : Performance préservée
- **Fonctionnalités** : Toutes maintenues
- **Sécurité** : Niveau élevé requis
- **Accessibilité** : Standards respectés

#### Contraintes Organisationnelles

- **Équipe** : Formation nécessaire
- **Processus** : Intégration CI/CD
- **Monitoring** : Métriques continues
- **Validation** : Tests utilisateurs





## Parties Prenantes & Maturité

### Évaluation de la maturité et plan d'accompagnement

Partie Prenante	Maturité	Besoins	Plan d'Accompagnement
Product	Élevée	Éléments chiffrés	Dashboard métriques environnementales
Dev/Tech	Moyenne	Preuves, faible risque	Formation éco-conception, tests A/B
Ops	Élevée	Coût infra, sécurité	Monitoring CDN, cache sécurisé
Legal/Conformité	Moyenne	Confidentialité	Audit sécurité, documentation
Com/Support	Faible	Communication	Formation "sobriété = rapidité"

### Plan d'Accompagnement

- **Formation équipes** : Sensibilisation éco-conception
- **Outils** : Dashboard métriques environnementales
- **Processus** : Intégration CI/CD avec métriques
- **Validation** : Tests utilisateurs et monitoring



## Référentiel & Implémentations (C3-C4)

## Référentiel d'Éco-conception (C3)

### Bonnes pratiques RGESN adaptées au contexte

BP adaptée au contexte	Condition de réussite	Test/Preuve	Conformité (stratégie)
Images responsives & WebP/AVIF	>80% des visuels convertis, srcset actif	Audit DevTools + diff poids/assets	Checklist release + screenshot
Compression Brotli + HTTP/3	Brotli actif sur HTML/JS/CSS	En-têtes content-encoding	Monitor CDN/log
Code splitting & Tree shaking	Bundle réduit de 60%	Lighthouse + webpack-bundle-analyzer	CI build size
Cache HTTP optimisé	Cache hit >80%	Headers cache-control	Monitor CDN
Purge CSS	CSS réduit de 50%	Lighthouse + diff taille	CI CSS size
Lazy loading ressources	loading="lazy" généralisé	Lighthouse/axe "offscreen"	PR template check

**Sources :** RGESN, 115 BP/GR491, guides internes



## Implémentations Réalisées (C4)

### Optimisations testées sur disaster-web2

#### Optimisations Priorité 1 (Quick Wins)

- **Optimisation images** : Conversion WebP, compression
- **Activation cache** : Headers appropriés
- **Purge CSS** : Suppression styles inutilisés

#### Optimisations Priorité 2 (Moyennes)

- **Code splitting** : Séparation des bundles
- **Tree shaking** : Suppression code inutilisé
- **Minification** : Réduction taille fichiers

#### Optimisations Priorité 3 (Avancées)

- **Service Workers** : Cache avancé
- **Lazy loading** : Chargement à la demande
- **Virtualisation DOM** : Réduction complexité

#### Traçabilité Technique

- **Pull Requests** : Une PR par optimisation
- **Tests** : Validation avant/après
- **Documentation** : Code commenté et expliqué
- **Repository** : Tags pour jalons



## Tests et Validation

### Moyens de test et stratégie de conformité

#### Tests Automatisés

- **Lighthouse CI** : Intégration continue
- **EcoIndex** : Mesures automatiques
- **Green-IT Analysis** : Audit régulier
- **Performance Budget** : Seuils définis

#### Tests Manuels

- **Chrome DevTools** : Analyse détaillée
- **Tests utilisateurs** : Performance perçue
- **Tests cross-browser** : Compatibilité
- **Tests accessibilité** : Standards WCAG

#### Stratégie de Conformité

- **Checklist release** : Validation avant déploiement
- **Monitor CDN** : Surveillance continue
- **CI build size** : Contrôle taille bundles
- **PR template check** : Validation automatique

#### Documentation

- **Code commenté** : Explications des optimisations
- **Tests documentés** : Procédures de validation
- **Métriques** : Dashboard temps réel
- **Rapports** : Analyses périodiques



## Mesures & Analyse (C5)



## Protocole de Mesure

### Stratégie outil/env./UF/parcours

#### Outils Utilisés

- **Lighthouse** : Audit performance complet
- **EcoIndex** : Score environnemental (0-100)
- **Green-IT Analysis** : Bonnes pratiques
- **Chrome DevTools** : Métriques détaillées

#### Environnement

- **Disaster-web2** : Proxy technique de l'UF Zoom
- **Localhost** : Développement local
- **Chrome** : Navigateur de test
- **Réseau** : Simulation 4G/Fibre

#### UF et Parcours

- **UF** : "Participer à une visioconférence avec Zoom"
- **Parcours** : Authentification → salle → partage → chat → fin
- **Déclencheurs CI** : Tests automatisés
- **Métriques** : Performance, GES, bande passante, EcoIndex

#### Méthodologie

- **Mesures baseline** : État initial disaster-web2
- **Optimisations** : Implémentation progressive
- **Mesures après** : Validation des gains
- **Analyse** : Comparaison avant/après

## ✓ Résultats AVANT Optimisation

### Mesures baseline disaster-web2

#### Lighthouse Scores

- **Performance** : 25/100 ✗ (Critique)
- **Accessibility** : 79/100 ✓ (Bon)
- **Best Practices** : 100/100 ✓ (Excellent)
- **SEO** : 75/100 ✓ (Bon)

#### Métriques Détaillées

- **DOM Size** : 174 éléments
- **Total Blocking Time** : 950ms
- **Image Delivery** : 6,830 KiB d'économies possibles

#### Impact Environnemental

- **CO2 par session** : 0.44 gCO2e (estimé)
- **Bande passante** : 8,830 KiB par session
- **EcoIndex** : Estimé C/D (26/100)
- **Temps de chargement** : Élevé

#### Hotspots Identifiés

- **Images non optimisées** : 6,830 KiB
- **Bundle JavaScript** : Volumineux
- **Cache désactivé** : Rechargement systématique
- **DOM complexe** : 174 éléments



## 📊 Résultats APRÈS Optimisation

### Gains obtenus sur disaster-web2

#### Lighthouse Scores

- **Performance** : 85/100 ✅ (+240%)
- **Accessibility** : 85/100 ✅ (+8%)
- **Best Practices** : 100/100 ✅ (Maintenu)
- **SEO** : 85/100 ✅ (+13%)

#### Métriques Détaillées

- **DOM Size** : 104 éléments (-40%)
- **Total Blocking Time** : 380ms (-60%)
- **Image Delivery** : 1,366 KiB (-80%)

#### Impact Environnemental

- **CO2 par session** : 0.11 gCO2e (-75%)
- **Bande passante** : 2,166 KiB (-75%)
- **EcoIndex** : A/B (70/100) (+2 grades)
- **Temps de chargement** : -60%

#### Optimisations Réalisées

- **Images optimisées** : WebP + compression
- **Cache activé** : Headers appropriés
- **CSS purgé** : Styles inutilisés supprimés
- **Bundle optimisé** : Code splitting + tree shaking



## Analyse des Gains

### Lecture des résultats et interprétation

#### Impact Environnemental

- **Réduction CO2** : 0.44 → 0.11 gCO2e (-75%)
- **Économies bande passante** : 8,830 → 2,166 KiB (-75%)
- **Amélioration EcoIndex** : C/D → A/B (+2 grades)
- **Performance** : 25 → 85 (+240%)

#### Performance Utilisateur

- **Temps de chargement** : Réduction significative
- **Réactivité** : Amélioration perçue
- **Accessibilité** : Maintien des standards
- **Expérience** : Préservée voire améliorée

#### ROI Technique

- **Optimisations durables** : Code maintenable
- **Réplicabilité** : Méthodologie transférable
- **Monitoring** : Métriques continues
- **Documentation** : Procédures documentées

#### Limites et Suites

- **Extrapolation Zoom** : Validation nécessaire
- **Tests utilisateurs** : Performance perçue
- **Monitoring continu** : Métriques temps réel
- **Évolution** : Optimisations futures



## Conclusion & Décisions

## 🎯 Synthèse des Résultats

### Compétences C1-C5 validées

#### C1 - ACV Simplifiée ✅ FINALISÉE

**Statut :** ✅ **COMPLÉTÉE** - Hotspots identifiés et optimisations prioritaires implémentées

##### Méthodologie ACV :

- **Approche** : Screening (simplifiée) pour disaster-web2
- **UF** : "Participer à une visioconférence avec Zoom"
- **Périmètre** : Frontend React + Backend Express
- **Phases** : Développement, Utilisation, Fin de vie

##### Hotspots identifiés et priorisés :

1. **Three.js lourd** : 20 cubes animés (RGESN 2.2) - **PRIORITÉ 1**
2. **Images massives** : 7.2MB large.jpg (RGESN 2.1) - **PRIORITÉ 1**
3. **Bundle non optimisé** : Pas de tree-shaking (RGESN 1.2) - **PRIORITÉ 2**
4. **Polling excessif** : Requêtes 1s + simultanées (RGESN 4.1) - **PRIORITÉ 2**

##### Optimisations C1 implémentées :

- **PR #001 - Images** : WebP conversion (7.2MB → 3.0MB, -59%), OptimizedImage component avec lazy loading
- **PR #002 - Three.js** : 20 → 5 cubes, animations conditionnelles, optimisations GPU (antialias: false, pixel ratio limité)
- **PR #003 - Bundle** : Tree-shaking lodash (import spécifique), compression Brotli niveau 6, cache 24h

#### C3 - Référentiel ✅

- **BP adaptées** : RGESN au contexte
- **Conditions de réussite** : Définies
- **Moyens de test** : Automatisés
- **Stratégie conformité** : Documentée

#### C4 - Implémentations ✅

- **Optimisations** : 3+ réalisées
- **Tests** : Avant/après validés
- **Traçabilité** : PR documentées
- **Documentation** : Code commenté

#### C5 - Mesure & Analyse ✅

- **Protocole** : Outils/env./UF/parcours
- **Résultats** : Gains quantifiés
- **Analyse** : Interprétation approfondie
- **Recommandations** : Suites proposées



## Décisions Prises

### Actions concrètes à mettre en œuvre

#### Décisions Techniques

- **Étendre au flux desktop** : Optimisations cross-platform
- **Ajouter cache HTTP côté CDN** : Amélioration performance
- **Planifier compression images côté backend** : Optimisation serveur
- **Maintenir budget environnemental en CI** : Monitoring continu

#### Décisions Organisationnelles

- **Formation équipes** : Sensibilisation éco-conception
- **Intégration CI/CD** : Métriques environnementales
- **Monitoring continu** : Dashboard temps réel
- **Validation utilisateurs** : Tests performance perçue

#### Décisions Stratégiques

- **Approche dual validée** : Zoom théorique + disaster-web2 pratique
- **Méthodologie reproductible** : Transférable à d'autres services
- **Standards RGSN** : Intégration dès la conception
- **Certification environnementale** : Labels à obtenir

#### Prochaines Étapes

- **Validation technique** : Tests sur Zoom réel
- **Partnerships** : Hébergeurs verts
- **Déploiement progressif** : Monitoring continu
- **Communication** : Partage des bonnes pratiques

## Impact et Recommandations

### Valeur ajoutée et suites

#### Impact Mesurable

- **Réduction CO2** : -75% par session
- **Performance** : +240% Lighthouse
- **EcoIndex** : +2 grades (C/D → A/B)
- **Bande passante** : -75% de consommation

#### Valeur Ajoutée

- **Expérience utilisateur** : Préservée voire améliorée
- **Modèle économique** : Viable et durable
- **Innovation** : Première application RGEN à grande échelle
- **Benchmark** : Pour l'industrie des visioconférences

#### Recommandations pour Zoom

1. **Optimisation images** : Conversion WebP, compression
2. **Code splitting** : Réduction taille des bundles
3. **Cache optimisé** : Headers appropriés
4. **Monitoring continu** : Métriques environnementales

#### Recommandations Générales

- **Intégration RGEN** : Dès la conception
- **Mesure continue** : Métriques environnementales
- **Formation équipes** : Sensibilisation éco-conception
- **Certification** : Labels environnementaux

**Prêt pour le développement responsable !**



## Questions & Discussion

**Merci pour votre attention**

**Contact & Ressources**

- **Dépôt Git** : [Lien vers le projet](#)
- **Documentation complète** : docs/
- **Métriques détaillées** : metrics/
- **Template dossier** : docs/template-dossier-projet.md