

L'exploitation
et la maintenance
des infrastructures

Dolmen

Développement d'Outils et de Logiciels
pour la Maçonnerie Existante et Neuve



Restitution du chantier démonstrateur du pont d'Osserain

www.pndolmen.fr

Présentation du Projet National Dolmen

Anne-Sophie Colas – Université Gustave Eiffel



MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT

Liberté
Égalité
Fraternité





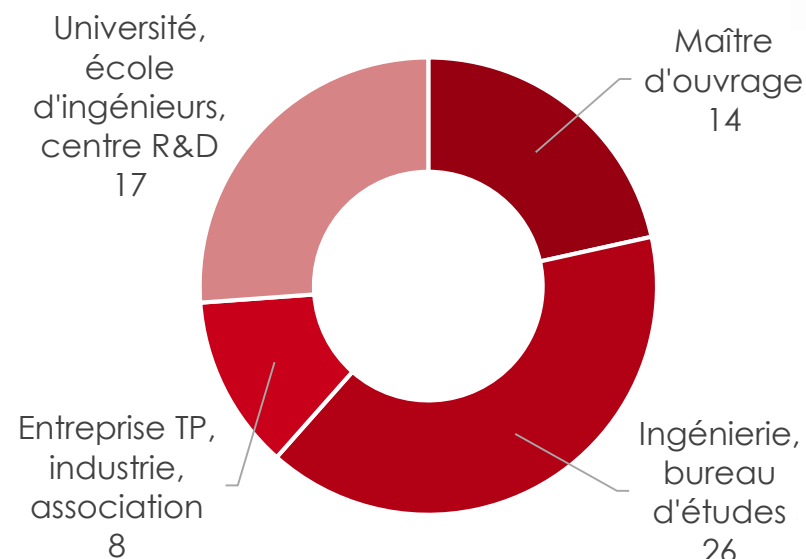
- ▶ **Cadre** : dispositif « Projet National » du Ministère de la Transition Écologique rassemblant les acteurs publics et privés du génie civil pour mener un programme de recherche dans un domaine précompétitif visant à produire des livrables opérationnels
 - Consortium : 65 partenaires
 - Budget : 2,1 M€
 - Durée : 2021-2026
- ▶ **Objectif** : progresser dans la compréhension du comportement des ouvrages en maçonnerie et transférer les résultats de la recherche à la profession pour :
 - Proposer des outils adaptés et efficaces pour améliorer l'évaluation et la maintenance du patrimoine existant en toute sécurité et durabilité
 - Rétablir la maçonnerie dans le catalogue des techniques de construction contemporaines
- ▶ **Domaine d'application** : constructions en maçonnerie du génie civil :
 - Matériaux : blocs de pierre ou de brique, avec ou sans liant
 - Structures : pont, soutènement, tunnel, quai, digue, barrage, canal, conduite

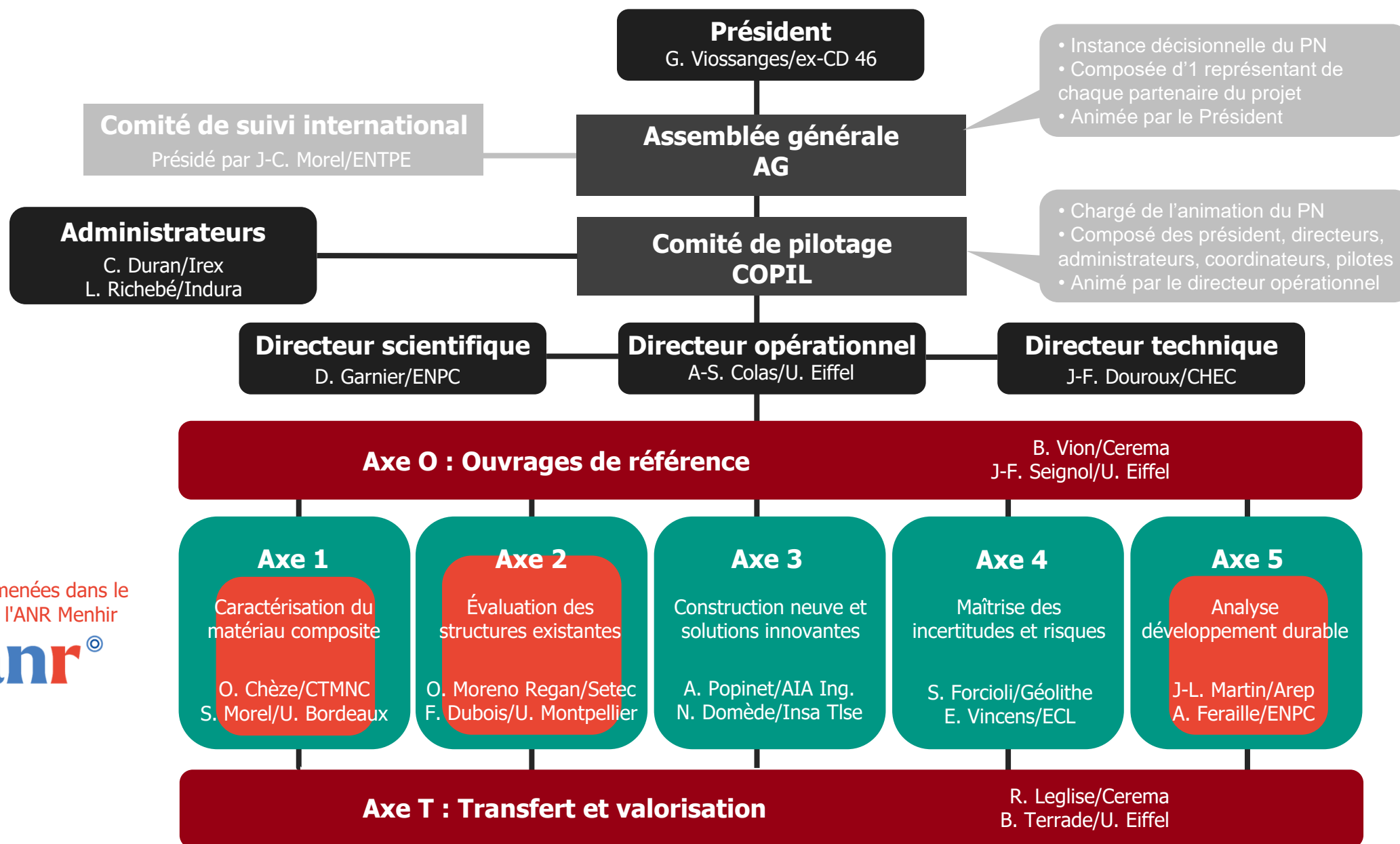


© A.-S. Colas – Mur de soutènement en maçonnerie à Rocamadour (46)



CONSORTIUM DE 65 PARTENAIRES





- Actions de recherche réparties en 5 axes, mises en application sur les ouvrages de référence du projet pour produire les outils de transfert

O. Ouvrages de référence

1. Caractérisation du matériau composite
 2. Évaluation des structures existantes
 3. Construction neuve et solutions innovantes
 4. Maîtrise des incertitudes et des risques
 5. Analyse développement durable
- T. Transfert et valorisation

- Recueil du retour d'expérience des MOA sur les statistiques sur leur patrimoine, leurs pratiques, leurs besoins
- Sélection d'ouvrages représentatifs pour constituer une BDD et trouver des démonstrateurs



© G. Viossanges – Vue du pont en maçonnerie d'Osserain (64) en 2023

Actions menées :

- Expression des pratiques et besoins des maîtres d'ouvrage et recensement d'ouvrages de référence
- Chantier démonstrateur d'Osserain

- Actions de recherche réparties en 5 axes, mises en application sur les ouvrages de référence du projet pour produire les outils de transfert

O. Ouvrages de référence

1. Caractérisation du matériau composite

2. Évaluation des structures existantes

3. Construction neuve et solutions innovantes

4. Maîtrise des incertitudes et des risques

5. Analyse développement durable

T. Transfert et valorisation

- Créer une base de données sur les valeurs utiles et la dispersion des caractéristiques matériaux
- Identifier les protocoles expérimentaux et réaliser des essais pour compléter la base



© O. Moreno Regan – Essai sur meulière

Actions menées :

- État des lieux des bases de données existantes sur les propriétés physico-mécaniques des matériaux constitutifs de la maçonnerie
- Benchmark d'essais de caractérisation des propriétés cohésives et frictionnelles de la maçonnerie

- Actions de recherche réparties en 5 axes, mises en application sur les ouvrages de référence du projet pour produire les outils de transfert

O. Ouvrages de référence

1. Caractérisation du matériau composite

2. Évaluation des structures existantes

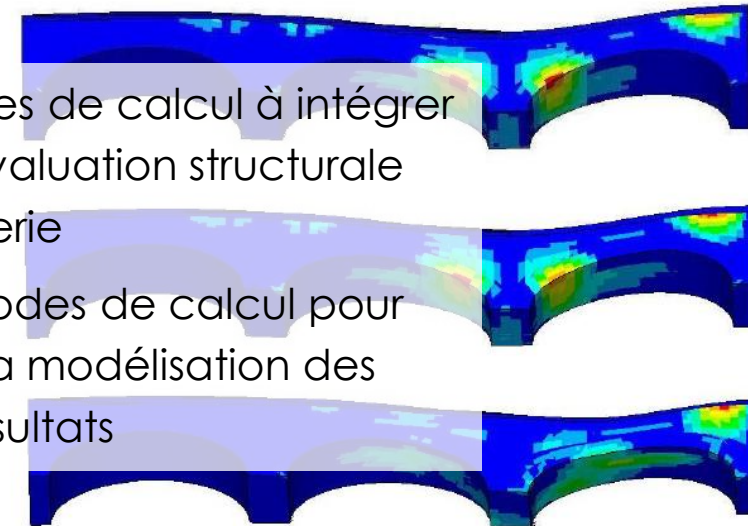
3. Construction neuve et solutions innovantes

4. Maîtrise des incertitudes et des risques

5. Analyse développement durable

T. Transfert et valorisation

- Choisir et programmer les méthodes de calcul à intégrer dans un logiciel « métier » pour l'évaluation structurale des ponts et des murs en maçonnerie
- Réaliser des benchmarks de méthodes de calcul pour établir des recommandations sur la modélisation des structures et l'interprétation des résultats



© T. Stablon – Modélisation par éléments finis du viaduc de Saint-Ouen (93)

Actions menées :

- Choix, programmation et interfaçage du cœur méthodes traditionnelles/calcul à la rupture/MEF-MED pour les ponts et les murs
- Benchmark de modélisations de ponts RATP-SNCF

- Actions de recherche réparties en 5 axes, mises en application sur les ouvrages de référence du projet pour produire les outils de transfert

O. Ouvrages de référence

1. Caractérisation du matériau composite

2. Évaluation des structures existantes

3. Construction neuve et solutions innovantes

4. Maîtrise des incertitudes et des risques

5. Analyse développement durable

T. Transfert et valorisation

- Développer des méthodes constructives optimisées du point de vue technique, scientifique, économique et ergonomique
- Identifier les freins à la construction neuve et les solutions à mettre en place pour les lever



© G. Viossanges – Construction d'un mur de soutènement en pierre sèche à Rocamadour (46)

Actions menées :

- Optimisation des murs en pierre du futur
- Calibration et comparaison de méthodes de calcul pour le dimensionnement de murs de soutènement en BTC

- Actions de recherche réparties en 5 axes, mises en application sur les ouvrages de référence du projet pour produire les outils de transfert

O. Ouvrages de référence

1. Caractérisation du matériau composite
2. Évaluation des structures existantes
3. Construction neuve et solutions innovantes
- 4. Maîtrise des incertitudes et des risques**
5. Analyse développement durable

T. Transfert et valorisation

- Évaluer l'influence des incertitudes sur la géométrie, le chargement ou les matériaux dans les modèles et logiciels
- Intégrer les chargements liés aux aléas naturels dans les modèles et logiciels

Actions menées :

- Identification des sources de dispersion associées aux structures en maçonnerie à l'échelle locale (avec l'axe 1)
- Incertitudes et conséquences sur la sécurité des ouvrages
- Analyse de sensibilité des paramètres pour capacité portante d'un pont (avec l'axe 2)
- Intégration de l'aléa sismique dans les modèles de calcul
- Intégration de l'aléa hydraulique dans les modèles de calcul



© P. Alvaro Frotté – Mur en pierre sèche soumis à un écoulement

- Actions de recherche réparties en 5 axes, mises en application sur les ouvrages de référence du projet pour produire les outils de transfert

O. Ouvrages de référence

1. Caractérisation du matériau composite
2. Évaluation des structures existantes
3. Construction neuve et solutions innovantes
4. Maîtrise des incertitudes et des risques
- 5. Analyse développement durable**

T. Transfert et valorisation

- Fournir des indicateurs d'impact environnementaux, économiques, sociaux des constructions en maçonnerie sur l'ensemble de leur cycle de vie, comparés à des solutions alternatives
- Évaluer les freins et opportunités de réemploi des matériaux et éléments de structure



© Y. Tardivel – Gisement de pierres de récupération à Felletin (19)

Actions menées :

- Collecte de données : carrières/micro carrières de pierre de maçonnerie, briquèteries, producteurs de chaux
- Freins au réemploi de pierres ou briques pour de nouvelles constructions

- Actions de recherche réparties en 5 axes, mises en application sur les ouvrages de référence du projet pour produire les outils de transfert

O. Ouvrages de référence

1. Caractérisation du matériau composite
2. Évaluation des structures existantes
3. Construction neuve et solutions innovantes
4. Maîtrise des incertitudes et des risques
5. Analyse développement durable

T. Transfert et valorisation

Actions menées :

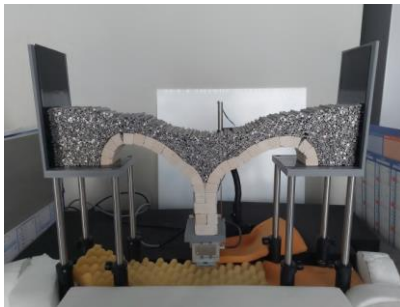
- Création d'une interface pour le logiciel de calcul « métier »
- Révision du guide AFGC
- Guide de prescription pour les ouvrages en pierre sèche
- Information à destination des maîtres d'ouvrage sur la spécificité et l'intérêt de la maçonnerie
- Essentiel « Maçonnerie »

- Produire des BDD et logiciels adaptés à la construction neuve/l'évaluation des ouvrages en maçonnerie
- Élaborer des éléments de doctrine, réglementation, information, formation



© ENPC – Semaine d'ouverture « Maçonnerie » de l'ENPC

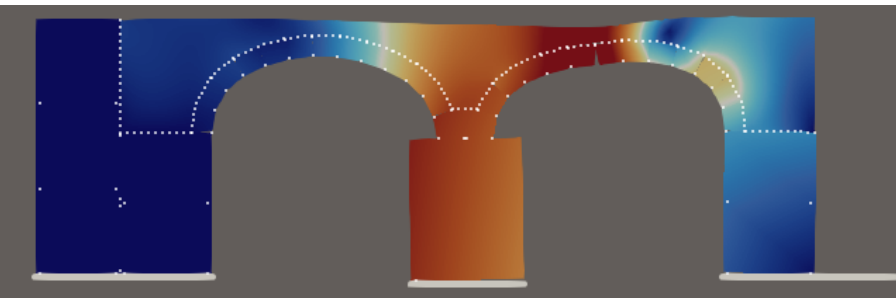
- ▶ Guide méthodologique de recherche documentaire
- ▶ Méthodologie d'évaluation structurale parcimonieuse
- ▶ Méthodologie d'évaluation environnementale
- ▶ Essais échelle réduite et échelle 1 sur des ponts-voûtes soumis à un tassement d'appui
- ▶ Application à des cas d'études



© S. Léonard – Modélisation et expérimentation d'un pont en maçonnerie soumis à un tassement d'appui



© DIR Méditerranée – Pont de Fraissinet





► Outil multi-approches à 3 niveaux pour les ponts et les murs

N1 – « standards »

- formules empiriques
- méthodes graphiques
- abaques numériques

N2 – « simplifiées »

- calcul à la rupture
- analyse limite

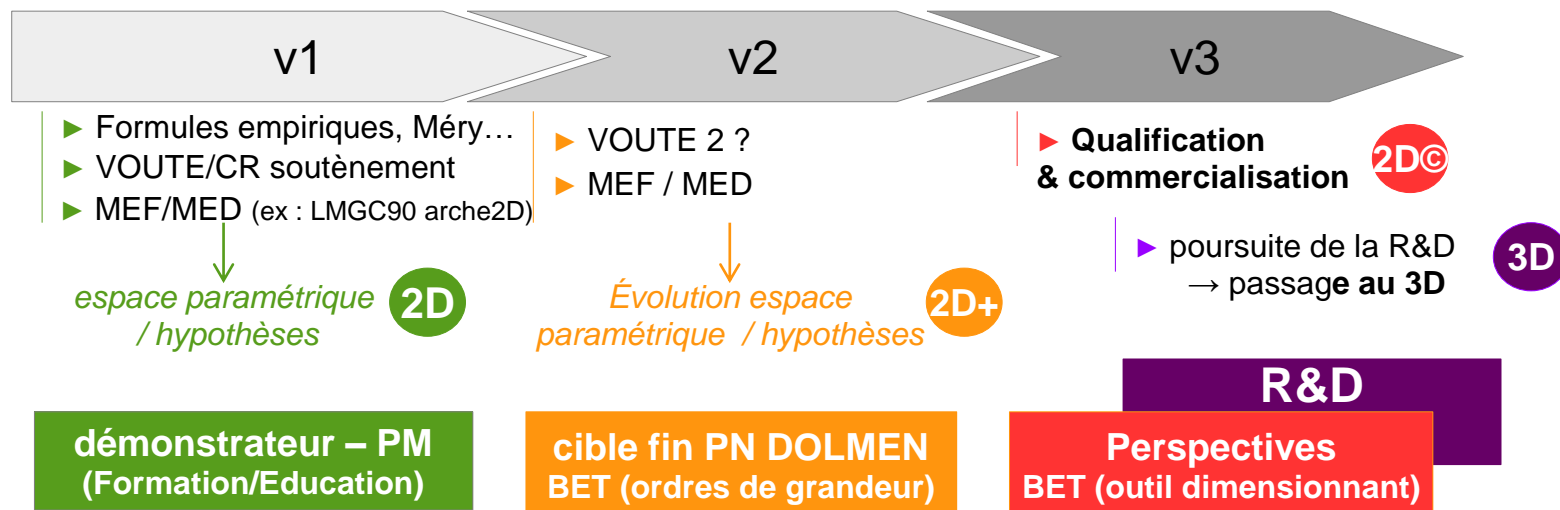
N3 – « avancées »

- MEF
- MED

VOUTE



► Phasage de développement



Dolmen

Développement d'Outils et de Logiciels
pour la Maçonnerie Existante et Neuve

Définition des paramètres

Titre

Géométrie

Matériaux

Chargements

coefficient de reduction : 1

Intrados

Droite

Rang 1

Ajouter primitive

Arc de parabole :

Y0: 0

K: 0

X1: 0

X2: 0

nb voussoirs: 0

nb voussoirs: 0

Explication: L'arc de parabole est défini par l'ordonnée à l'origine Y0, le paramètre K, les abscisses X1 et X2 de ses points extrémités. Y = Y0 + K . X^2

Paramètres : Ordonnée du sommet Y0 Coefficient K Abscisse origine X1



- ▶ Élaboration d'un questionnaire de collecte de données (engins/machines, consommations énergétiques, consommables, transport...)
- ▶ Diffusion auprès des producteurs de matériaux (carrières et micro-carrières, briquèterie, producteur de chaux)
- ▶ Construction de données environnementales adaptées à la construction en maçonnerie du génie civil et au contexte français
- ▶ Application à l'évaluation environnementale des solutions maçonnerie

► Guides techniques

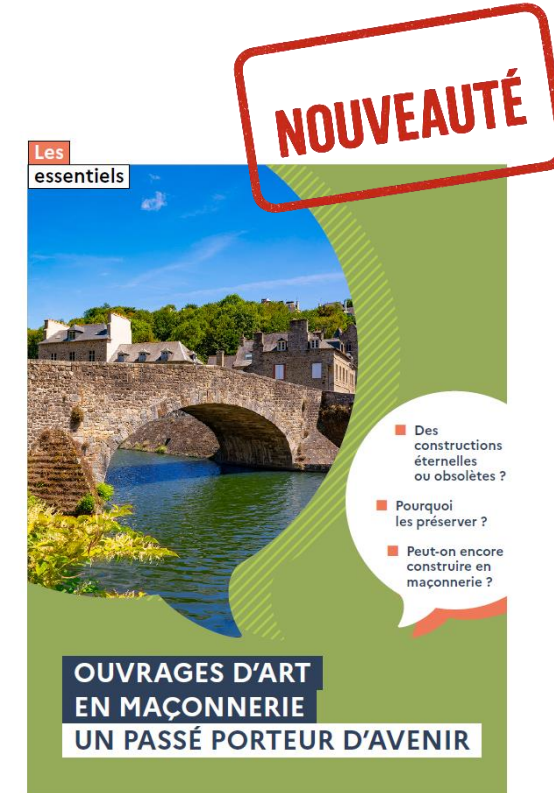


Évaluation structurale et conception de réparation des ouvrages d'art en maçonnerie

Mars 2022

- Rédaction d'un guide « ouvrage neuf »

► Communication à destination des MOA







MERCI DE VOTRE ATTENTION

