



LA CONSERVATION ET LA RÉPARATION DES ENDUITS HISTORIQUES.

MÉTHODOLOGIE,
CARACTÉRISTIQUES, EXIGENCES
À RESPECTER. LE CAS DES
ENDUITS EN PLÂTRE.

Maria do Rosário Veiga

rveiga@lnec.pt

Teresa Freire

mtfreire@gmail.com

Tunis

2014-01-28 / 29

Revêtements de mur et locaux

- Les revêtements de mur ont des fonctions importantes de protection des murs et en conséquence de assurance de durabilité.
- Mais ils sont aussi fortement **identificateurs des locaux**.
- Témoins pérennes des techniques et matériaux usés au passé, ils ont une **valeur culturelle: scientifique, artistique, sociologique**.
- De ces aspects résultent des raisons pour l'étude de leur composition et état de conservation:
- **Maintenir la protection, et donc la durabilité:** il faut user des matériaux et des solutions compatibles et efficaces.
- **Maintenir les valeurs culturelles** (plus complexe): implique l'enveloppement de **plusieurs domaines scientifiques**, qui ne peuvent pas toujours être simultanées ou rapides.
- Pour tout cela, **ne pas détruire et conserver** doivent être les mots d'ordre.



Village de Baixo Alentejo (cal)



Aveiro – Fachades Art Nouveau



Tunis



Mortiers de Conímbriga – opus signinum



Village de Moyen âge à l'Écosse - harling

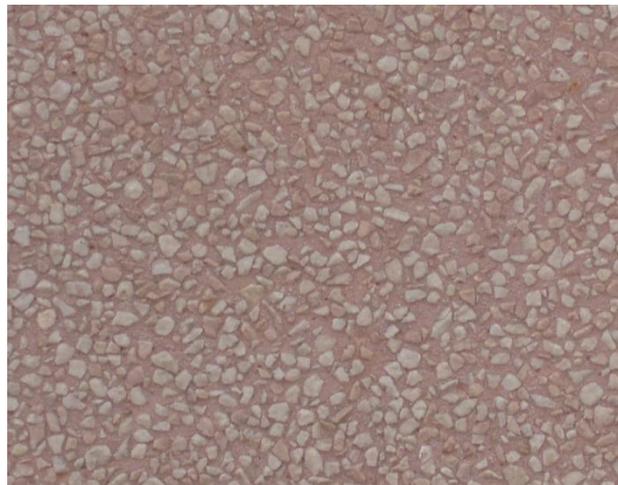


Revêtements en mosaïques, Ovar, Portugal (sièc. XIX - XX)



Enduits décoratifs en plâtre du Palais d'Estói (sièc. XIX)

Revêtements de mur et locaux



Finitions en “marmorite” à Av. de Roma, Lisbonne (milieu siècle XX)



- Les **plusieurs couches** d'enduits, finitions et peintures, leurs caractéristiques géométriques, de composition et esthétiques, les **techniques d'application se rapportent au local, à l'époque, à la fonction** du bâtiment et sont un élément d'identification de **l'identité du local**.
- Ces valeurs sont saisis s'ils sont étudiées de ces plusieurs points de vue.
- Son étude a une importance scientifique (**plusieurs sciences!**).
- Mais sont aussi un intérêt pour **quelques publiques et peuvent avoir un retour financier, due, par exemple, à l'attraction touristique**.
- Toute la valeur culturel des monuments, locaux et simples bâtiments n'est pas encore complètement rendu évidente et il y en a des publics potentiels.



Les revêtements de mur ont des fonctions importantes aux bâtiments anciens:

- Protection de la maçonnerie – structure
- Définition de l'image
- Liaison aux autres matériaux du mur

Maintenance des revêtements en bonnes conditions de conservation:

- Eviter la dégradation du mur
- Augmenter la durabilité et maintenir la stabilité structurale
- Prévenir la décadence esthétique et conséquente dévalorisation



- À cause de leur localisation et leur fonctions aux bâtiments les revêtements sont des éléments les plus sujets à la dégradation.
- Il faut intervenir pour récupérer l'image du bâtiment et les fonctions du revêtements.
- Les interventions sur les revêtements ne doivent pas détruire leur valeur culturelle ni décaractériser leur condition de témoin.



Les interventions doivent être planifiées et la stratégie à suivre doit être bien fondamentée, en tenant compte:

- Connaissance profonde de **l'existant** e de son état de conservation
- Connaissance des **solutions possibles** et viables en chaque cas et de son mode d'exécution.

Deux stratégies alternatives peuvent être considérées:

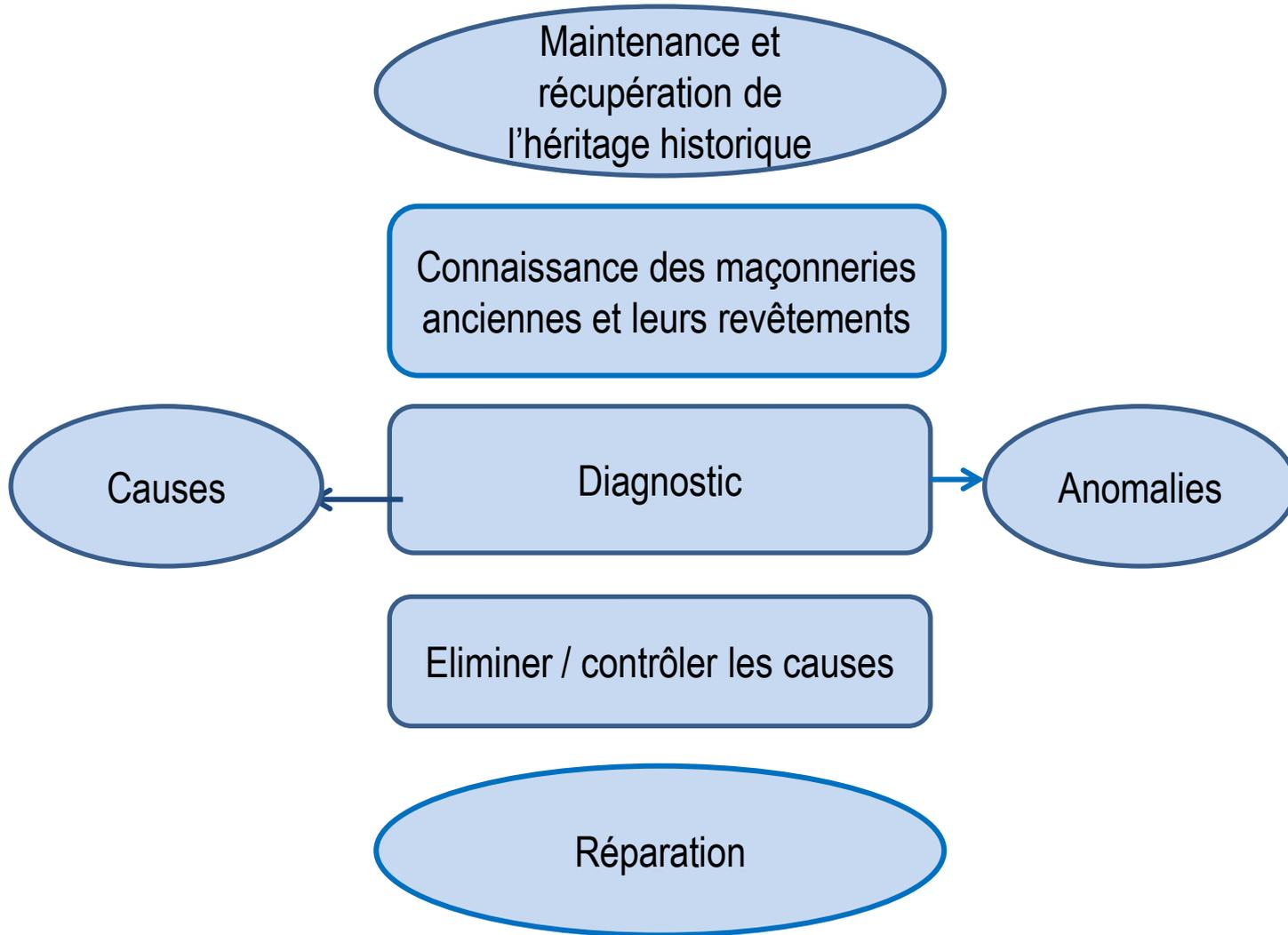
- 1. Conservation et traitement de** l'existant, avec des techniques et produits compatibles.
- 2. Rénovation avec remplacement** partiel ou total, en usant des produits compatibles, qui assurent des caractéristiques semblables et performance adéquates ensemble avec la maçonnerie ancienne.

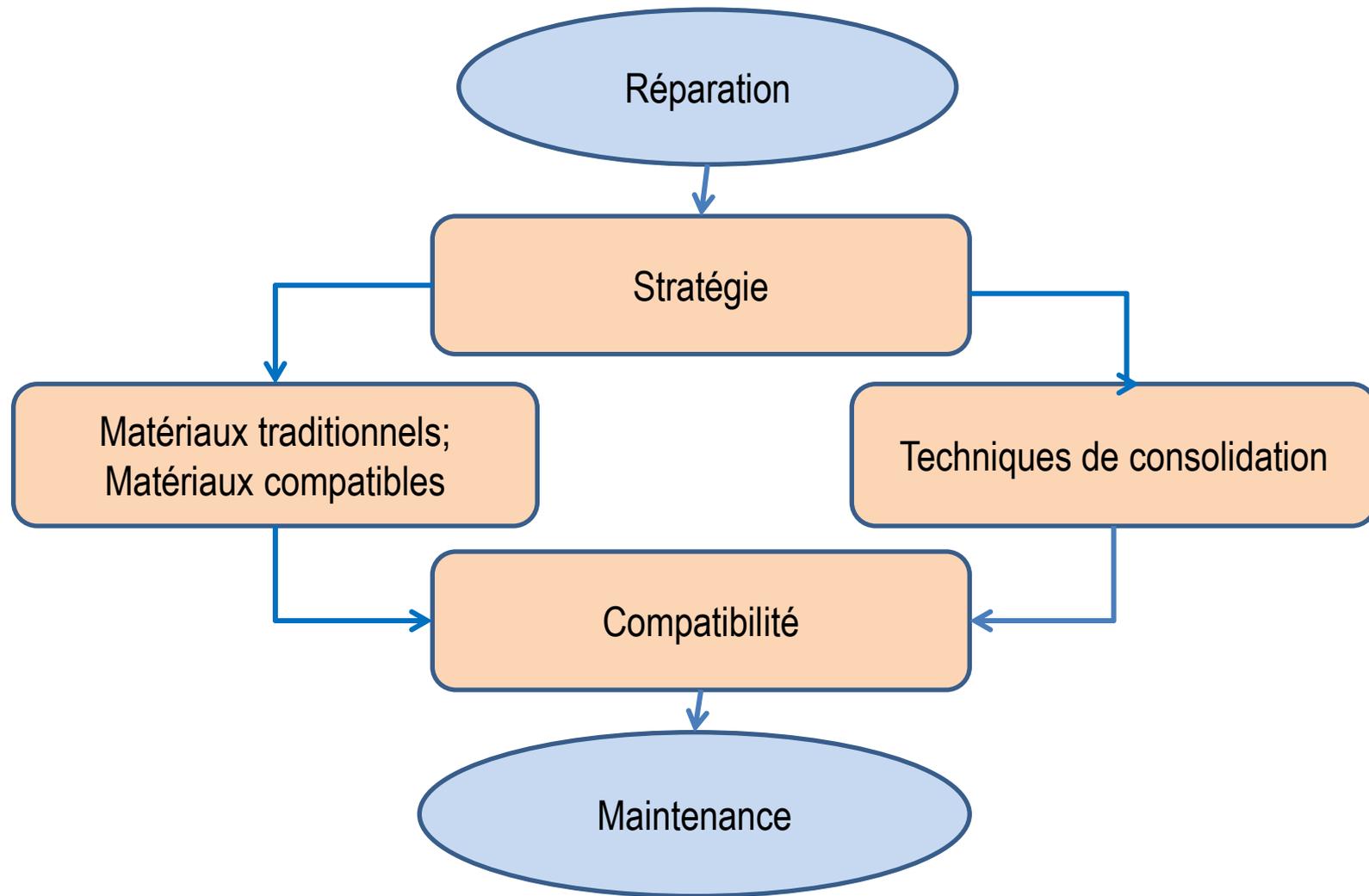


Approche à la construction soutenable

La conservation des enduits anciens arrive à:

- Réduire le volume de déchets
- Réduire les ressources consommés
- Incrémenter la durabilité
- User des matériaux et technologies locaux
- User des matériaux et technologies avec moins énergie grise: produites à basses températures
- User des matériaux très durables et recyclables





- **Observation du local et du bâtiment**
- **Étude in situ:** stratigraphie, mesures d'humidité, ultrasons, duromètre, tubes de karsten
- Identification des **anomalies** e de leurs **causes probables**
- Plan d'échantillonnage et **recueil d'échantillons**
- **Caractérisation chimique, minéralogique, microstructurel physique et mécanique.**
- Traitement, analyse et **croisement des résultats**
- **Établissement de rapports entre les résultats obtenus et les plusieurs encadrements: local, climat, époque, usage du bâtiment, etc.**
- Ces rapports sont très importants et permettent obtenir quelques réponses, mais ils demandent des connaissances scientifiques, de l'expérience, **multidisciplinarité des équipes.**



Caractérisation des échantillons

Analyse Physique et Mécanique

Resistance à la compression

Vitesse de ultra-sons

Absorption capillaire par contact

Diffraction de rayon-X
DRX

Analyse Thermogravimétrique et thermique différentielle
ATG - DTA

Analyse Microstructurale avec Microscopie Polarisé
PM
Microscopie Électronique de Balayonnage avec dispersion d'énergie avec spectroscopie de Rayon X
SEM-EDS

Analyse Chimique

Techniques développées au LNEC pour des échantillons de mortier irréguliers et friables

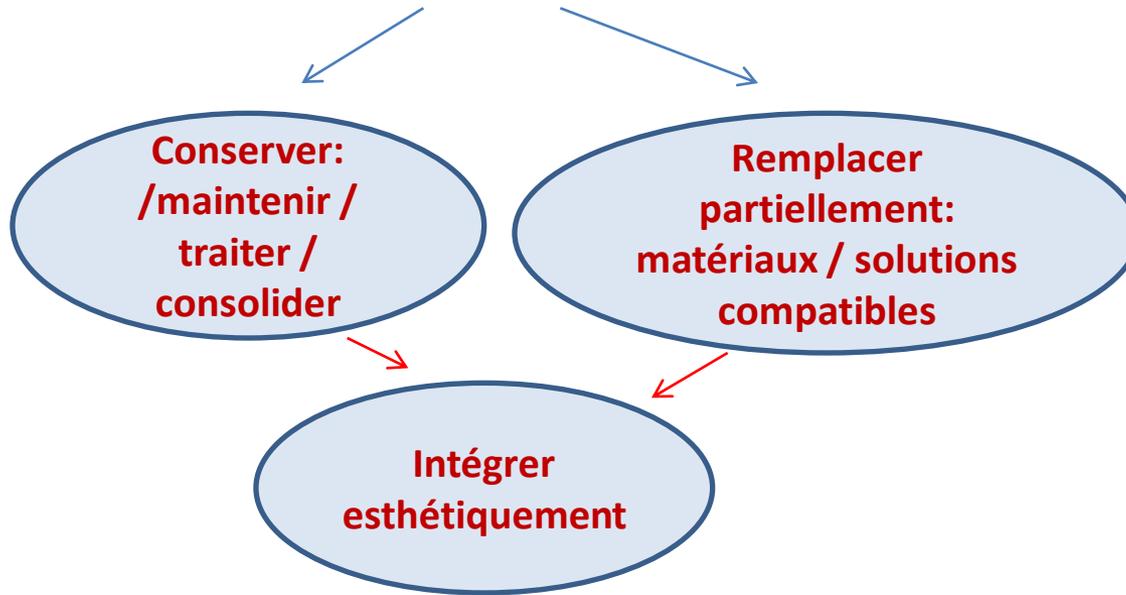


Établir les causes des anomalies:

- Structurelles (change de charge, séismes, déplacements de sol, etc.)
- **Vieillessement naturel** (agressions climatiques ou environnementales)
- **De l'eau et des sels**: infiltrations, capillarité ascensionnelle, sels hygroscopiques, ruptures, difficulté d'évaporation
- **Interventions incompatibles**



- Eliminer les causes des anomalies / contrôler les effets
- Réparer les supports
- Réparer les revêtements:



RENOVATION

- Plus rentable
- Apparemment plus facile
- Main-d'œuvre moins spécialisée
- Plus grand risque de mauvais résultats
- Destruction du témoin historique et technique, perte de valeur culturelle

CONSERVATION

- Préservation de la valeur culturelle
- Ethique de la conservation
- Moins volume de matériaux (mais plus complexes)
- Soutenabilité plus forte, moins de déchets, moins d'énergie consommée
- Réduction du temps d'œuvre
- Probablement moins coûteux
- Techniques mal connues
- Exigences de main-d'œuvre spécialisée

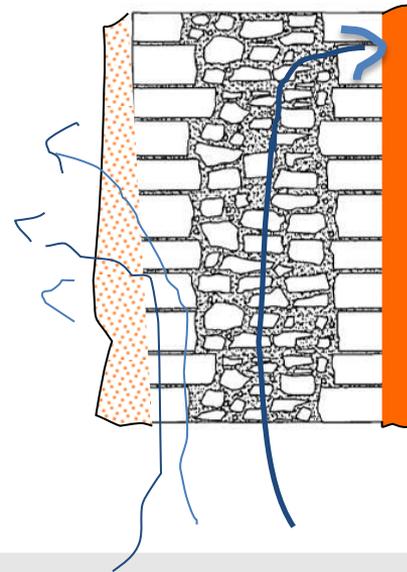
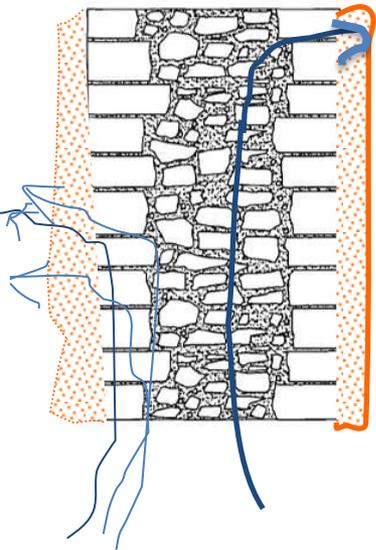


OPTION RÉNOVATION

- La sélection de matériaux de réparation compatibles – **compatibles c'est à dire que ne vont pas dégrader les pré-existants** – implique une connaissance profonde des originels et, en général, des techniques et matériaux traditionnels.
- C'est essentiel connaître les spécificités des matériaux et les différences par rapport aux actuellement aux marchés, pour faire des options fondamentées .



- L'usage des mortiers d'enduit plus imperméables que les pré-existants, origine une ascension capillaire plus grande, par l'intérieur du mur; rétention d'eau à l'interface entre la maçonnerie et l'enduit; cristallisation de sels à cette interface; probable détachement du nouvel enduit.
- La même chose arrive si une peinture de basse perméabilité à la vapeur d'eau est appliquée, même si l'enduit est compatible.



- L'usage de mortiers d'enduits avec un module d'élasticité et un coefficient de dilatation thermique et hygrique supérieures aux matériaux anciens origine de la fissuration et détachement.



Palais, Algarve, siéc. XIX



Hôpital, Lisbonne, siéc. XIX

Rénovation: caractéristiques

- User des mortiers compatibles avec les matériaux préexistants.
- Quand on ne connaît pas les caractéristiques des préexistants il faut user des limites fiables.
- Pour les enduits en chaux:

Use	Caractéristiques mécaniques à 90 jours (N/mm ²)				Comportement à l'eau à 90 jours	
	Rf	Rc	E	Aderência	Pva Sd (m)	C (kg/m ² .min ^{1/2})
Enduit Extérieur	0,2 – 0,7	0,4 – 2,5	2000 - 5000	0,1 – 0,3 ou rupture cohesive	< 0,08	< 1,5; > 1,0
Enduit Intérieur	0,2 – 0,7	0,4 – 2,5	2000 - 5000	0,1 – 0,3 ou rupture cohesive	< 0,10	--
Joints	0,4 – 0,8	0,6 – 3,0	3000 - 6000	0,1 – 0,5 ou rupture cohesive	< 0,10	< 1,5 > 1,0

Connaitre les matériaux de base:

- **Chaux aérienne – Liant aérien**
- La chaux aérienne peut être d'origine calcique ou dolomitique.
- Elle est obtenue par calcination à températures de l'ordre de **800 a 1000 °C** de roches carbonatées, constituées predominantment par carbonate de calcium (**calcaire**) ou par carbonate de calcium et de magnésium (**calcaire dolomitique**)
- **Chaux vive:** $\text{CaCO}_3 + \text{chaleur} \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- **Hydratation:** $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{chaleur}$
- **Durcissement:** $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (entre 50% HR et 85% HR)

Connaitre les matériaux de base:

- **Liants hydrauliques (aluminates et silicates)**
- **Pouzzolanes naturels (produits volcaniques riches à alumine e à silice amorphe réactive) combinées avec la chaux**
- **Poudre de brique et autres pouzzolanes artificiels (metakaolin, silice-fume, cendres volantes) combinés avec la chaux**
- **Chaux hydraulique (marnes ou mélanges de calcaire et argile) – 1100-1200°C < 1450°C → C2S)**
- **Ciment (marnes ou mélanges de calcaire et argile) > 1450°C → C3S)**

Connaitre les matériaux de base:

- **Plâtre**
- Le plâtre naturel est une roche sédimentaire de structure cristalline constituée fondamentalement par du **sulfate de calcium bi-hydraté** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
- Le plâtre usé comme liant aux enduits de plâtre est obtenu par cuisson à température entre **130°C et 170°C** de roche de gypse est constitué fondamentalement, par **sulfate de calcium hémi-hydraté**:
- $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{chaleur} \longrightarrow \text{Ca SO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O} + 3/2 \text{H}_2\text{O}$

Connaitre les matériaux de base:

Peintures

- Peintures minérales:
- Peintures de chaux
- Peintures de chaux additivées
- Peintures de silicates



OPTION CONSERVATION

Actions de conservation

- **Protection:** par rapport à la pollution, à l'eau, aux sels, à les variations thermiques et hygrométriques, aux actes de vandalisme e à d'autres sollicitations. Conditionnement de l'accès; conditionnement du trafic; use de bâches de protection, etc.
- **Nettoyage:** l'air sous basse pression; abrasives suaves; eau à basse pression; laser
- **Contrôle de la colonisation biologique:** application de biocides; nettoyage; protection contre égouttements et infiltrations d'eau
- **Réparation localisée:** colmatage de fissures et de lacunes; correction d'infiltrations d'eau
- **Consolidation:** restitution de la cohésion; restitution de l'adhérence
- **Réintégration esthétique:** traitement esthétique pour l'homogénéisation texturale et chromatique



Anomalies:

- **Perte de cohésion**
- **Détachement ou perte d'adhérence** (entre couches ou entre le revêtement et le support)
- **Erosion** (conséquence de la perte de cohésion ou de l'adhérence)



- Identifier les causes des anomalies et éliminer ou contrôler ces causes
- Application d'un consolidant à la surface du revêtement appliqué
- Pour pulvérisation ou pour badigeonnage
- Pulvérisation est en général plus facile à exécuter et permet une distribution plus homogène et plus contrôlée du consolidant.



- Il y a plusieurs types de consolidants disponibles, organiques et inorganiques.
- Ceux que assurent mieux la compatibilité avec le revêtement ancien sont ceux que régénèrent le liant perdu ou dégradé. En générale les inorganiques sont préférables.
- Pour avoir bonnes pénétration et ne pas altérer la surface ils doivent être liquides et très fins.
- Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des **produits nanostructurés à base de hydroxyde de calcium (nano-chaux), silicate d'étilé e nano silice.**



- Recours à “mortiers liquides” (“grouts”), appliqués par injection entre les couches détachées
- Applicabilité: facilité d’injection des produits, bonne pénétration et capacité de remplissage des vides, sont des caractéristiques essentielles d’aptitude à l’use des grouts. Pour cette raison le comportement rhéologique est déterminante pour l’efficacité et bonne performance de ces produits.



- **Compatibilité:** les produits injectés ne doivent pas changer significativement la porosité ni la déformabilité du système: l'introduction de couches de perméabilité réduite ou de haut module d'élasticité peut favoriser la rétention d'eau à l'interface et créer des tensions entre les couches, causant de nouveaux détachements et désagréments.
- La carbonatation est difficile entre les couches, donc il faut de l'hydraulicité, mais sans compromettre la compatibilité.

Pour accomplir toutes les exigences, les mortiers liquides pour recollage doivent être à base de **chaux hydraulique sans sels solubles, ou de chaux aérienne et pouzzolanes** adjuvées avec des rétenteurs d'eau et des plastifiants, pour assurer les caractéristiques de compatibilités, d'applicabilité et de efficacité nécessaires.



ENDUITS EN PLÂTRE

Le cas des enduits intérieurs en plâtre

- Les enduits intérieurs en plâtre sont un héritage important du Portugal et aussi de la Tunisie

Convent de Christ, Portugal, siècle XVI



Tunis

Église du convent du Sacramento, Portugal, siècle XVIII



Palais de Estoi, Portugal, siècle XIX



Avantages du plâtre comme matériel d'enduits

- Basse température de fabrication: **basse consommation** d'énergie
- Haute **hygroscopicité**: capacité de régularisation de l'environnement, il rend les enduits très confortables
- Perméables à la vapeur d'eau, ils permettent la « **respiration** » du mur
- **Bonne travaillabilité**, capacité pour surfaces décoratifs, mais pourtant bonne résistance

Désavantages:

- Sensibilité à l'eau (intérieur)



- Thèse de doctorat sur “Restauration d’enduits historiques en plâtre avec des matériaux compatibles”
- **Étudiante: Teresa Freire**
- (Partenariat: LNEC, Instituto Superior Técnico; FCT)

- Objectifs:
- Étude des enduits en plâtre historiques: composition, caractéristiques physiques et mécaniques.
- Développement de produits compatibles en plâtre pour restauration.
- Vérification de la compatibilité, de la performance et de la durabilité.

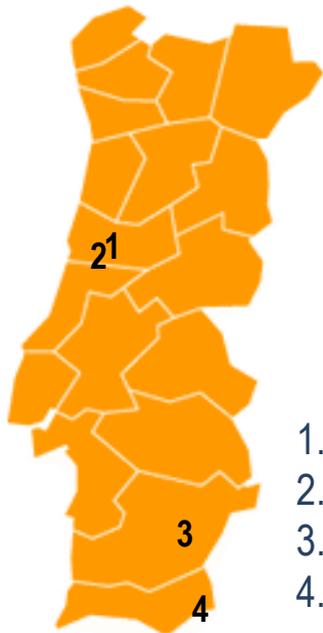


- Identification d' exemples d'enduits en plâtres et éléments décoratifs de mur en plâtre de différentes époques et localisations géographiques
- Plan d'échantillonnage
- Recueil d'échantillons représentatifs de chaque époque, type de bâtiment, localisation
- Étude historique
- Caractérisation chimique , minéralogique, microstructural, physique et mécanique
- Etablissement de rapports entre les résultats obtenus et les plusieurs encadrements: local, climat, époque, fonction du bâtiment, fonction de l' élément, technique d'application, etc. – Importance d'une équipe multidisciplinaire.



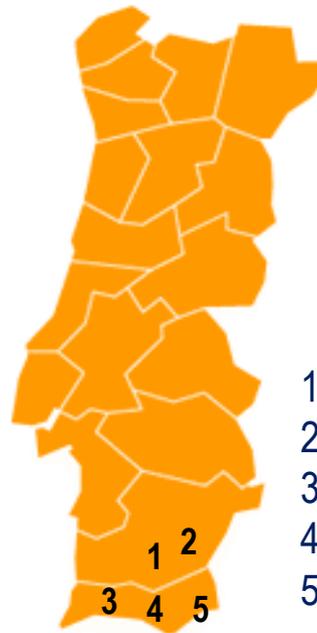
Localisation géographique des échantillons étudiés

Periode Roman



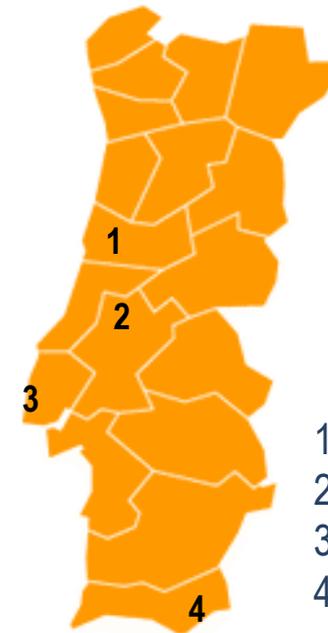
1. Coimbra
2. Conímbriga
3. Mértola
4. Cacela Velha

Periode Arabe



1. Almodôvar
2. Mértola
3. Silves
4. Loulé
5. Tavira

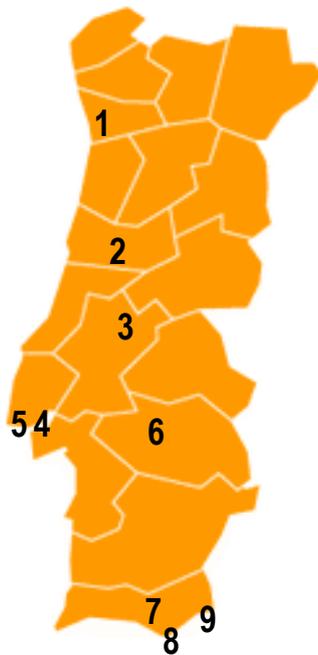
Periode Baisse Moyen Âge – Renaissance



1. Coimbra
2. Tomar
3. Bucelas
4. Tavira

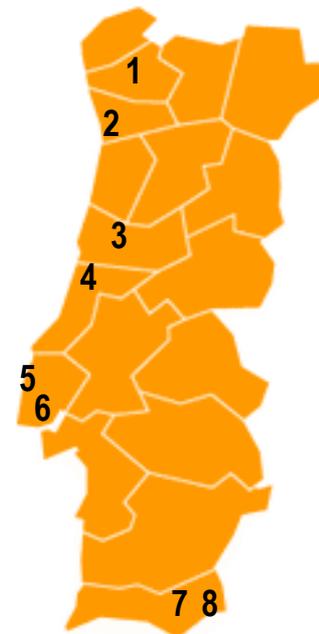
Localisation géographique des échantillons étudiés

Période Baroco



1. Porto
2. Coimbra
3. Tomar
4. Lisboa
5. Oeiras
6. Mont.-o-Novo
7. Loulé
8. Faro
9. Cacela Velha

Période Pos-Baroco



1. Fafe
2. Porto
3. Coimbra
4. Leiria
5. Sintra
6. Lisboa
7. Estoi
8. Tavira

Différents types d'enduit – différentes techniques d'application, différentes compositions:

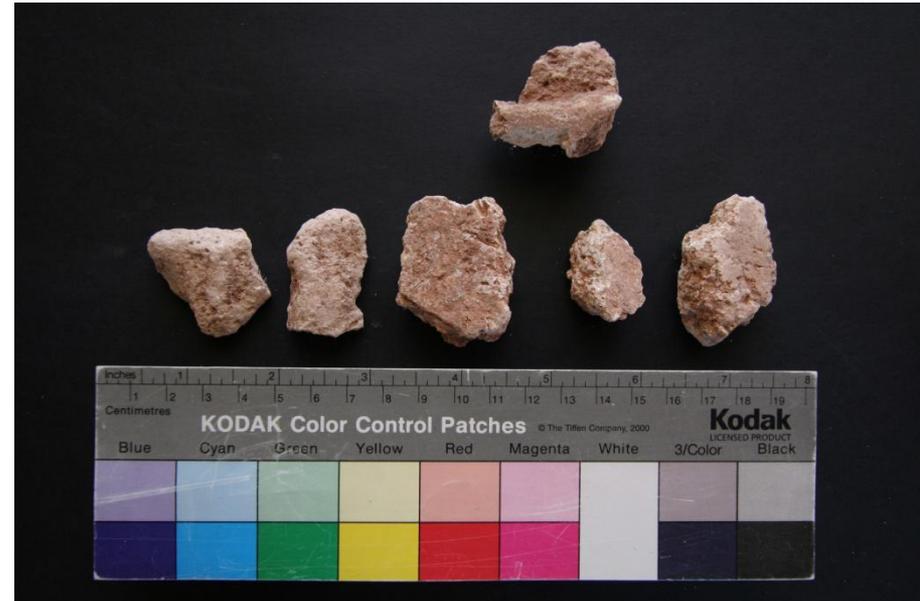
- **Lisse**
- **Moulé in situ**
- **Pré-moulé**
- **Moulé en banque avec gabarit**



MÉTHODOLOGIE

Caractérisation chimique et minéralogique

- Observation visuelle des échantillons (directement et au stereo-zoom microscope)
- XRD
- TGA - DTA
- PLM (sections minces)
- SEM - EDS
- FT - I R (cherche des organiques)



MÉTHODOLOGIE

Caractérisation physique

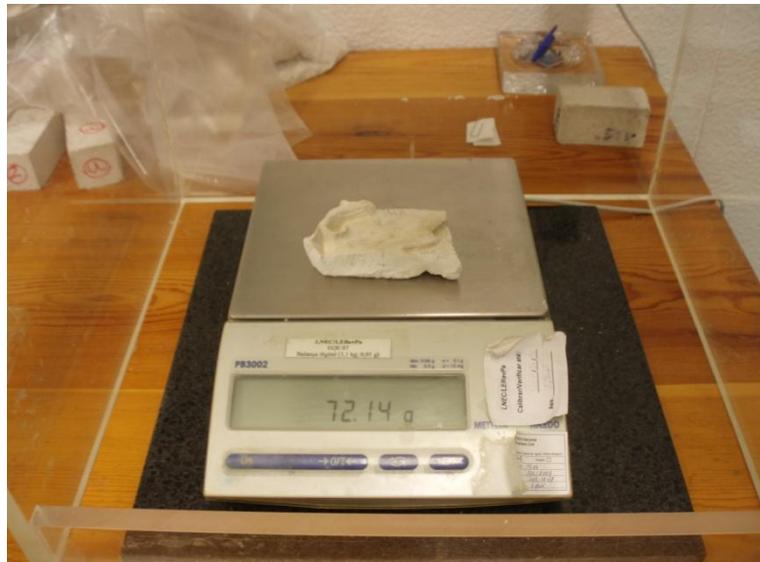
- **Masse volumique** (avec du sable calibré)
- **Module d'élasticité dynamique** (ultrasons)
- **Résistance à la compression** (méthode du mortier de confinement)
- **Absorption capillaire pour contact** (adapté aux échantillons vieux et friables)
- **Perméabilité à la vapeur d'eau** (adapté de EN 1015-19)
- **Hygroscopicité** ($23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ et RH = 30%, 50%, 70%, 90%)
- **Structure porosimétrique** (MIP)



MÉTHODOLOGIE

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

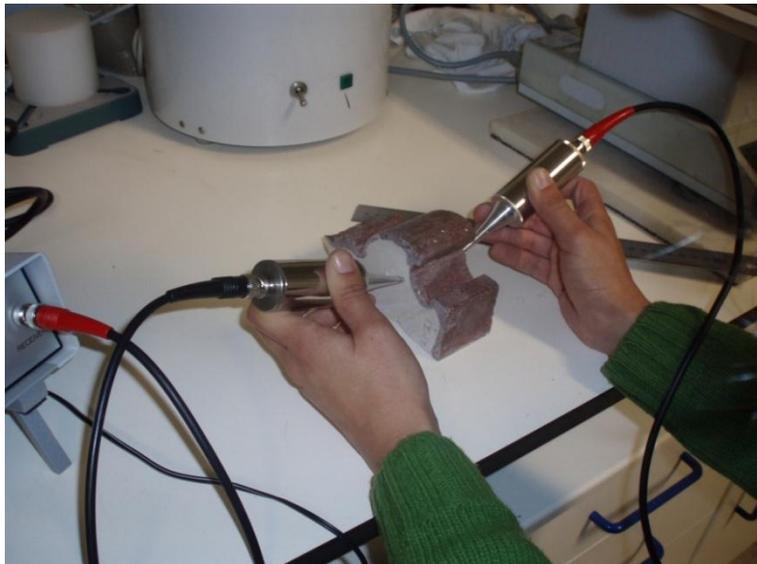
Masse volumique



MÉTHODOLOGIE

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Module d'élasticité dynamique (ultra-sons)



Méthode directe



Méthode indirecte

MÉTHODOLOGIE

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

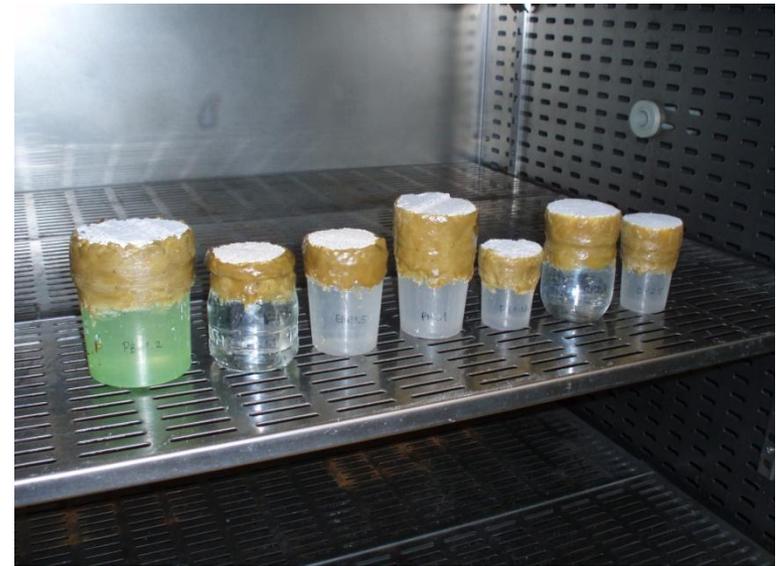
Absorption capillaire par contacte (Veiga *et al.* 2004)



MÉTHODOLOGIE

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

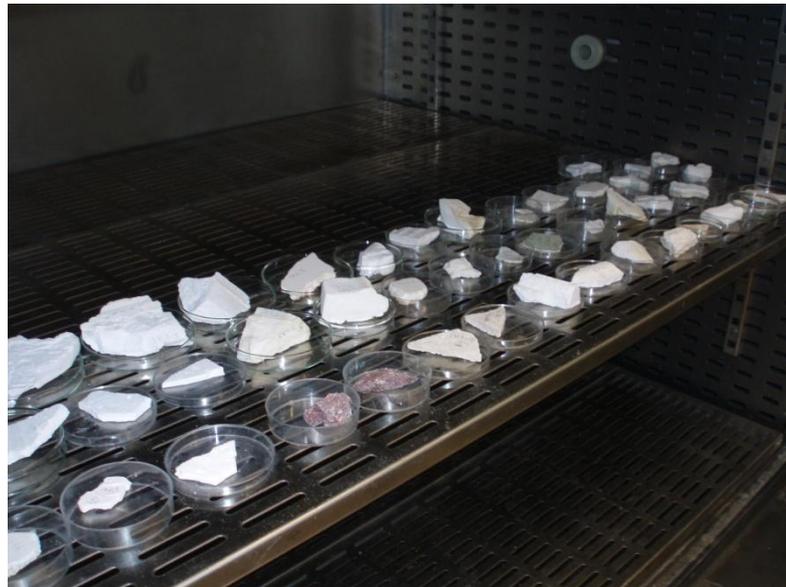
Perméabilité à la vapeur d'eau (adapté de EN 1015-19)



MÉTHODOLOGIE

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Hygroscopicité ($23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ et RH = 30%, 50%, 70%, 90%)



RÉSULTATS

XRD

- Constituants principaux:
- Gypse, calcite

- Autres constituants:
- Quartz , anhydrite, hématite

Résultats

Période historique	Nº Échantillons analysés	Composés identifiés	Liants usés
Roman et Roman tardif (I a.C. - VII d.C.)	23	Calcite , Quartz et autres (feldspath, mica, aragonite, hématite)	Chaux aérienne
Islamique (sièc. X - XIII)	54	Calcite , Quartz, Gypse (5 échantillons: 1 Mértola et 4 Silves)* et autres (feldspath, aragonite, hématite, goethite)	Chaux aérienne, Gypse
Baisse M. A. - Renaissance (sièc. XIV - XVI)	10	Calcite , Gypse (7, Charola Conv. Christ) , Quartz et autres (feldspath, anhydrite)	Chaux aérienne, Gypse
Baroco (sièc. XVII - XVIII)	20	Calcite (18) , Gypse (9) , et autres (quartz, feldspath, anhydrite, célestine)	Chaux aérienne, Gypse
Pós-Baroco (sièc XIX – XX)	54	Gypse (48) , Calcite (47) et autres (quartz, hématite, anhydrite, aragonite)	Gypse, chaux aérienne

Résultats obtenus versus littérature

Type d'élément	Teneur moyen en gypse hémihidraté (%)	Teneur moyen en chaux hydratée (%)	Proportion volum. Chaux en pâte / gypse en poudre	Littérature (volum)
Revêtements lisses	44	56	1:0,5	1:1 – 1:0,5
Moulés in situ	61	39	1:0,9	1:1
Pré-moulés	89	11	-	Gypse 100%
Moulés avec gabarit en banque	95	5	-	Gypse 100%

Résultats des propriétés physiques

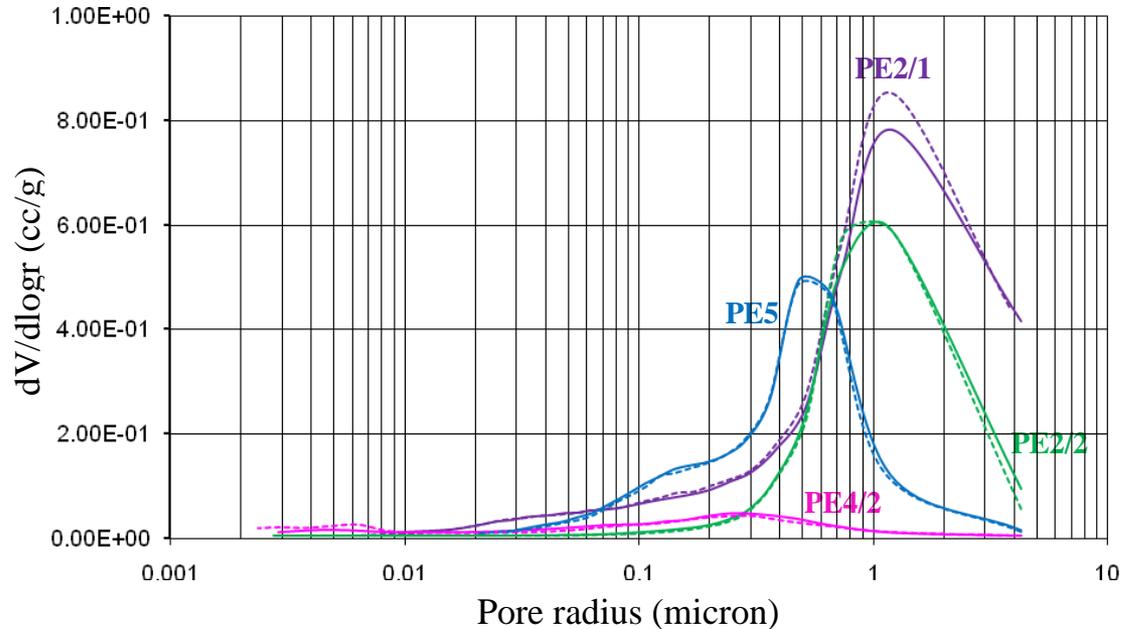
Type d'échantillon	Module d'Élasticité Dynamique (MPa)	Résistance à la compression (N/mm ²)	C _{cc} - 5 min kg/m ² h ^{1/2}	Hygroscopicité 90% RH (%)	PVE (ng/m.s.Pa)	Porosité totale (%)
Surface lisse	1100-3900 ^a , 20000 ^b (8)	0.8-1.4 ^c (4)	0.4-10.4 ^c (7)	0.2-0.4 (4)	18.4-34.7 ^c 0.4 ^b (5)	42.8-52.5 (4)
Moulé in situ	1890-4380 (5)	1.0-4.2 (4)	16.6 (1)	0.25, 0.58 (2)	-	53.0, 59.7 (2)
Moulé en banque avec gabarit	2120-4680, 9740 ^d (4)	2.7 ^d (1)	1.80 ^d , 13.0 (2)	0.98 (2)	13.6 ^d , 51.5 (2)	12.3 ^d (1)
Pré-moulé	2590-4310 (9)	1.4-5.3 (5)	0.8-11.3 (3)	0.19-0.66 (5)	-	46.0-53.7 (3)

^a Échantillons minces. Méthode indirect; ^b Échantillon de Palais de *Montserrat*;

^c Plâtre et mortier de base ensemble

^d Échantillon de Palais de *Estoi*, simulation “marmorino” – platre anhydre.

Résultats des propriétés physiques - porosimétrie



Échantillon	Gypse (%)	Calcite (%)
PE5	30	65
PE2/1	48	48
PE2/2	82	16
PE4/2	85	2

Principaux matériaux usés par le plâtrier (littérature) ⁽¹⁾:

- Gypse en poudre
 - Chaux éteinte, en pâte
 - Sable siliceux ou calcaire, très blanche; pour les enduits de finition en plâtre le sable calcaire est préférée
 - De l'eau – soins spéciaux avec sa qualité
 - Colle forte, gomme de poisson ou de lapin ou gélatine, pour retarder la prise, spécialement pour les finitions lisses; permettent aussi une finition polie
 - Poils d'animaux, fibres végétales
- ⁽¹⁾ Fontes: Luiz Augusto Leitão (?) - "Curso Elementar de Construcções", 1896; J. Segurado - "Acabamentos das Construções", "Materiais de Construção", s/d; Josef Füller – "Manual do Formador e Estucador", s/d

Produits de restauration:

- **Compatible avec les matériaux existants**
 - Ne pas contribuer pour accélérer leur dégradation
 - Ne pas interférer à l' esthétique et à l' harmonie du bâtiment

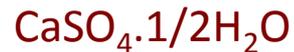


Caractéristiques similaires chimiques et physiques

Produits de restauration:

■ Matériaux

- **Hemi-hydrate de sulfate de calcium (HH)**



- **Chaux aérienne hydratée (HL)**



- **Additives organiques (OA)**

Éthers de cellulose, gélatines,...

} Poudre

Produits de restauration

Proportions définies (liants, en masse):

Type de produit de restauration	HH (%)	HL (%)	OA
R1 – Surface lisse	20	80	Oui
	30	70	Oui
R2 – Moulé in situ ou en banque	40	60	Oui
	50	50	Oui
R3 – Pré-moulé	90	10	?
	100	0	?

Produits de restauration

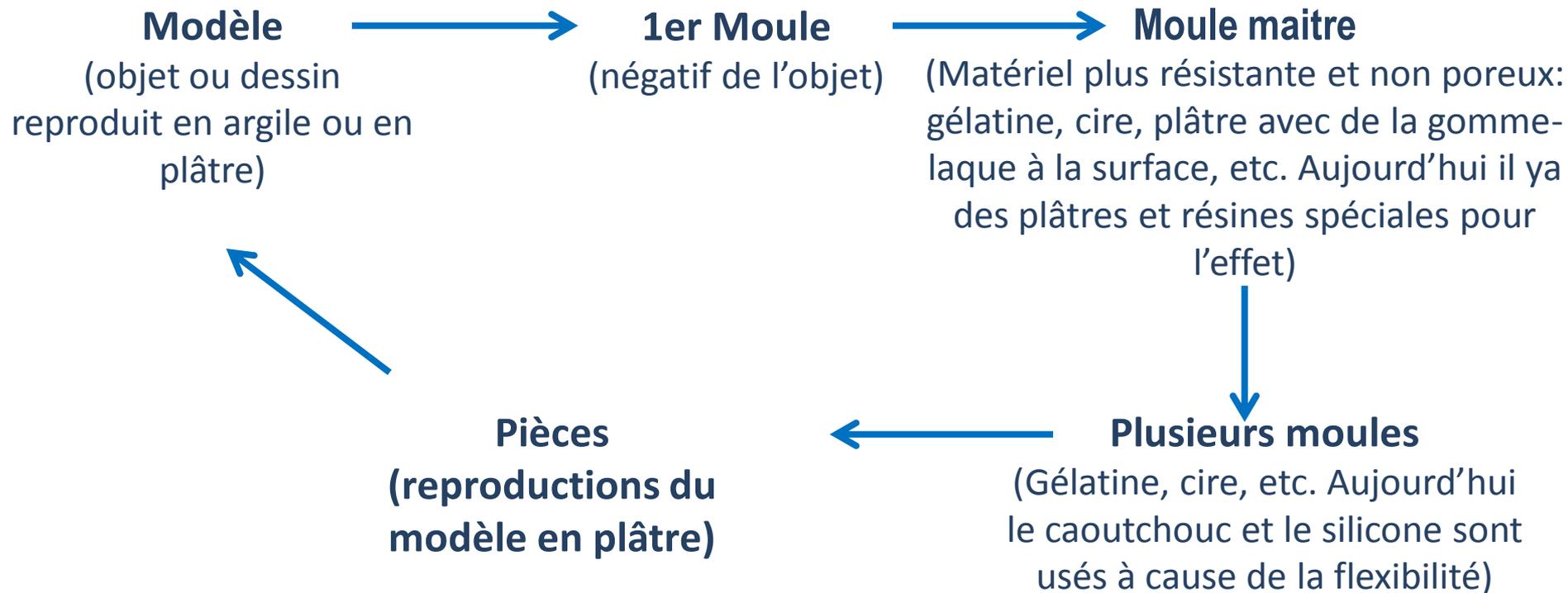
Limites de compatibilité définis:

Type de produits de restauration	MED (MPa)	Résistance à la Comp. (N/mm ²)	Ccc - 5 min kg/m ² h ^{1/2}	PVE ng/m.s.Pa	Porosité totale (%)
R1 – Surface lisse	800-1500	0.7-1	5-10	> 20	40-55
R2 – Moulé in situ ou en banque	1500-2500	1-1.5	10-15	> 20	50-60
R3 – Pre-moulé	2500-3500	1.5-2.5	5-10	> 20	40-55

Outils d'application d'enduits en plâtre

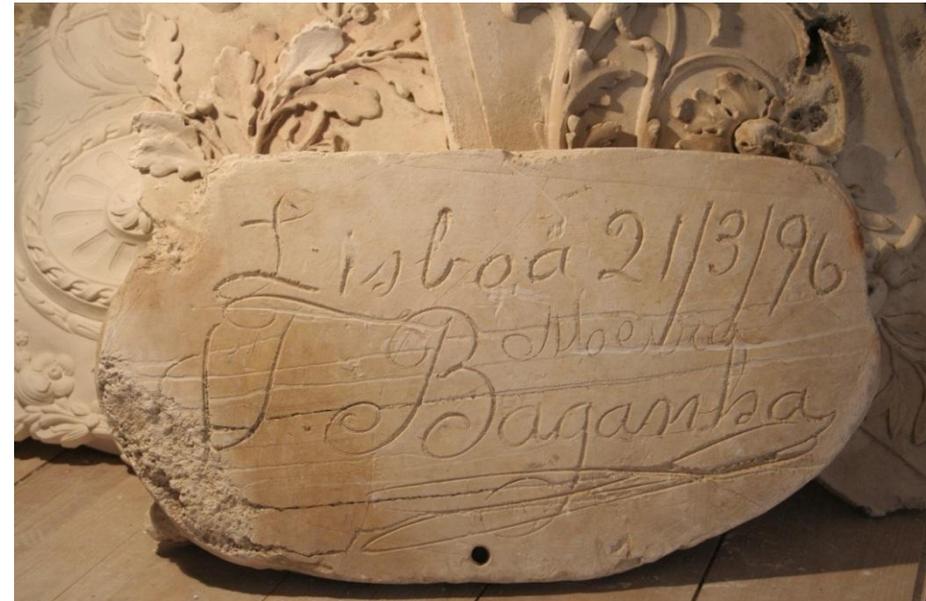


Éléments pré-moulés



Éléments pré-moulés

- **Moule maitre (atelier Domingos Meira et Baganha)**



Atelier António Enes Morais

Éléments pré-moulés

Moules maitre



Moule maitre et pièce en plâtre



Atelier António Enes Morais

Éléments pré-moulés



Atelier António Enes Morais

Éléments pré-moulés



Moule en caoutchouc



Atelier António Enes Morais

Éléments pré-moulés

Pièce avant finition



Atelier António Enes Morais

Éléments pré-moulés



Atelier António Enes Morais

Éléments pré-moulés complexes



Atelier António Enes Morais

Éléments pré-moulés complexes

(Demi) cadre de toit



Devant



Verso

Préparation de la surface avec des stries pour améliorer l'adhérence

Eléments pré-moulés

Palais de la Bourse



Palais de Montserrat



Éléments moulés avec gabarit

Gabarit et moule



Reproduction du profile d'un encadrement pour application en base de bois



Atelier António Enes Morais

Éléments moulés avec gabarit



Atelier António Enes Morais

Combinaison d'éléments moulés avec gabarit et éléments pré-moulés



Atelier António Enes Morais

Éléments moulés avec gabarit

Exécution de l'encadrement



Atelier António Enes Morais

Évaluation de la consistance du produit pour mouler *in situ*



LNEC

- Les revêtements de mur sont des **identificateurs des cités, des locaux, des bâtiments**.
- Les matériaux, les techniques, les signifiés symboliques et sociaux , sont des **valeurs culturelles rapportés à chaque local**.
- Seulement un étude profond, **multidisciplinaire**, permet explorer ces valeurs et les disponibiliser aux publics intéressés.
- Donc **conserver**, au lieu de détruire.
- **Approfondir**: Diagnostic, caractérisation, stratégies de réparation.



Conclusions

- Les revêtements en plâtre sont un héritage important dans un nombre limité de pays.
- Ils sont très influencés par les matériaux et techniques disponibles, mais aussi par **le goût et les tendances artistiques à chaque époque et local.**
- Donc, ces revêtements sont très **différenciés et caractéristiques et c'est particulièrement important de les conserver.**
- Pour conserver cet héritage il faut:
- **Étudier les matériaux et techniques originales utilisées: composition et propriétés physiques.**
- Définir des limites de compatibilité des nouveaux produits.
- Formuler des **produits compatibles.**
- Tester les nouveaux produits pour confirmer leur adéquabilité.



- MAGALHÃES A.C., VEIGA R., PINA SANTOS C., MATIAS L., VILHENA A. – **Methodologies for diagnosis of rendering anomalies due to moisture in walls.** In HMC08 – 1st Historical Mortars Conference 2008: Characterization, Diagnosis, Conservation, Repair and Compatibility, Lisboa, LNEC, 24-26 de Setembro de 2008. ISBN 978-972-49-2156-3.
- FARIA, P.; TAVARES, M.; MENEZES, M.; VEIGA, M. R.; MARGALHA, G. – **Traditional Portuguese techniques for application and maintenance of historic renders.** In 2nd Historic Mortars Conference. RILEM Proceedings PRO 78, Praga, 22-24-Setembro de 2010. ISBN:978-2-35158-112-4.
- VEIGA, M. ROSÁRIO; MENEZES, MARLUCI; TAVARES, MARTHA – [Strategies for conservation of historical renderings. Factors and decision criteria.](#) In ICOM-CC, 16th Triennial Conference, Lisbon, 19-23 September 2011. Paper 1112.
- VEIGA, M. Rosário – **Conservation of historic renders and plasters – From laboratory to site.** In 2nd Historic Mortars Conference. RILEM Proceedings PRO 78, Praga, 22-24-Setembro de 2010, pp.1241-1256. Conferência convidada. ISBN:978-2-35158-112-4.

- VEIGA, M. R.; FRAGATA, A.; VELOSA, A. L.; MAGALHÃES, A. C.; MARGALHA, M. G. – **Lime-based mortars: viability for use as substitution renders in historical buildings**. International Journal of Architectural Heritage vol. 4 (2), pp.177-195, April-June 2010. Philadelphia: Taylor and Francis. Paulo B. Lourenço and Pere Roca eds. Special Issue. ISSN 1558-3058. DOI: 10.1080/15583050902914678.
- FREIRE, T.; SANTOS SILVA, A.; VEIGA, M. R.; BRITO, J. – **Caracterização de Revestimentos Interiores Antigos Portugueses**. In 3º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa: 18 e 19 de Março de 2010.
- FREIRE T., SANTOS SILVA A., VEIGA M. R., BRITO, J. – **Characterization of Portuguese Historical Gypsum Mortars**. In HMC08 – 1st Historical Mortars Conference 2008: Characterization, Diagnosis, Conservation, Repair and Compatibility, Lisboa, LNEC, 24-26 de Setembro de 2008. ISBN 978-972-49-2156-3.
- FREIRE, T.; SANTOS SILVA, A.; VEIGA, M. R.; BRITO, J. – **Characterization of Decorative Portuguese Gypsum Plasters from the XIX-XX Centuries: the Case of the Bolsa Palace in Oporto**. In 2nd Historic Mortars Conference. RILEM Proceedings PRO 78, Praga, 22-24-Setembro de 2010. ISBN:978-2-35158-112-4.

- FREIRE, T.; VEIGA, M. R.; SANTOS SILVA, A.; BRITO, J. – **Improving the durability of historical portuguese gypsum plasters using compatible restoration products.** In XII DBMC – 12 th International Conference on Durability of Building Materials and Components, 12-15 April 2011, U. Porto, Vasco Peixoto Freitas, Helena Corvacho, Michael Lacasse (edts.), ISBN 978-972-752-132-6, vol II, pp. 905-914.
- FREIRE T., SANTOS SILVA A.; VEIGA M. R., BRITO, J. – **Characterization of Portuguese Historical Gypsum Mortars: a Comparison between Two Case Studies.** Materials Science Forum, vols 636-637 (2010) PP 1258-1265, 2010 Trans Tech Publications, Switzerland. Doi10.4028 www.scientific.net/MSF.636-637.1258 part:1-2.
- FREIRE, T., SANTOS SILVA, A., VEIGA, R., BRITO, J. – **Characterization of Decorative Portuguese Gypsum Plasters from the 19th and 20th Centuries: the Case of the Bolsa Palace in Oporto**”. Historic Mortars: Characterization, Assessment, Conservation and Repair. RILEM BOOKSERIES Vol 7, 141-151, SPRINGER, Valek, Hughes and Groot, eds, 2012. ISSN 2211-0844; ISBN 978-94-007-4635-0; ISSN-E 2211-0852; ISBN-E 978-94-007-4635-0.

MERCI DE VOTRE ATTENTION!

