

***SYNTHETIC RESINS
FOR FACINGS OF DAMS***

**RÉSINES SYNTHÉTIQUES
POUR LES REVÊTEMENTS
DE BARRAGES**



***SYNTHETIC RESINS
FOR FACINGS OF DAMS***

**RÉSINES SYNTHÉTIQUES
POUR LES REVÊTEMENTS
DE BARRAGES**



1982

BULLETIN 43

*Report prepared on behalf of the British National Committee on Large Dams
by D.M. Hamilton, 1973-1976 and G.A. Milne, 1977-1982 (Crouch and Hogg, Glasgow)
for the Sub-Committee on Materials for Concrete Dams
Committee on Materials for Dams.*

French translation by J. Combelles (EDF, Paris).

Rapport préparé pour le compte du Comité National Britannique des Grands Barrages
par D.M. Hamilton, 1973-1976 et G.A. Milne, 1977-1982 (Crouch et Hogg, Glasgow),
pour le Sous-Comité des Matériaux pour Barrages en Béton
Comité des Matériaux pour Barrages.

Traduction française par J. Combelles (EDF, Paris).

AVERTISSEMENT – EXONERATION DE RESPONSABILITE:

Les informations, analyses et conclusions auxquelles cet ouvrage renvoie sont sous la seule responsabilité de leur(s) auteur(s) respectif(s) cité(s).

Les informations, analyses et conclusions contenues dans cet ouvrage n'ont pas force de Loi et ne doivent pas être considérées comme un substitut aux réglementations officielles imposées par la Loi. Elles sont uniquement destinées à un public de Professionnels Avertis, seuls aptes à en apprécier et à en déterminer la valeur et la portée et à en appliquer avec précision les recommandations à chaque cas particulier.

Malgré tout le soin apporté à la rédaction de cet ouvrage, compte tenu de l'évolution des techniques et de la science, nous ne pouvons en garantir l'exhaustivité.

Nous déclinons expressément toute responsabilité quant à l'interprétation et l'application éventuelles (y compris les dommages éventuels en résultant ou liés) du contenu de cet ouvrage.

En poursuivant la lecture de cet ouvrage, vous acceptez de façon expresse cette condition.

NOTICE – DISCLAIMER :

The information, analyses and conclusions referred to herein are the sole responsibility of the author(s) thereof.

The information, analyses and conclusions in this document have no legal force and must not be considered as substituting for legally-enforceable official regulations. They are intended for the use of experienced professionals who are alone equipped to judge their pertinence and applicability and to apply accurately the recommendations to any particular case.

This document has been drafted with the greatest care but, in view of the pace of change in science and technology, we cannot guarantee that it covers all aspects of the topics discussed.

We decline all responsibility whatsoever for how the information herein is interpreted and used and will accept no liability for any loss or damage arising therefrom.

Do not read on unless you accept this disclaimer without reservation.

**THE USE OF SYNTHETIC RESINS FOR FACINGS OF DAMS
AND HYDRAULIC STRUCTURES**

**L'UTILISATION DE RÉSINES SYNTHÉTIQUES
POUR LES REVÊTEMENTS DE BARRAGES
ET D'OUVRAGES HYDRAULIQUES**

TABLE DES MATIERES

TABLE OF CONTENTS

AVANT-PROPOS	7	FOREWORD
GLOSSAIRE	9/13	GLOSSARY
1. GÉNÉRALITÉS	18/19	1. GENERAL
1.1. But du rapport	18/19	1.1. Purpose of report
1.2. Comparaison avec les autres matériaux utilisés en génie civil	20/21	1.2. Comparison with other civil engineering materials
1.3. Historique	20/21	1.3. Historical background
2. PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX	24/25	2. MATERIAL PROPERTIES
2.1. Types de résines disponibles	24/25	2.1. Types of resin available
2.2. Différentes filières d'approvisionnement	24/25	2.2. The resin supply chain
2.3. Nature des résines synthétiques	24/25	2.3. The nature of synthetic resins
2.4. Propriétés physiques susceptibles d'influer sur le projet et les choix	26/27	2.4. Physical properties of resins influencing design and selection
3. UTILISATION DES RÉSINES	34/35	3. USES OF RESINS
3.1. Généralités	34/35	3.1. General
3.2. Revêtement de surface	34/35	3.2. Surface coatings
3.3. Mortiers et bétons de résine	34/35	3.3. Resin mortars and resin concrete
3.4. Injections de résines	36/37	3.4. Resin grouts
3.5. Colles	36/37	3.5. Resin adhesives
3.6. Colles pour béton frais	38/39	3.6. Resin bond coats
3.7. Mortiers à liant mixte (ciment avec addition de polymère)	38/39	3.7. Resin modified portland cement mortars (PPCC)
4. ÉTABLISSEMENT DES PROJETS ET PRESCRIPTIONS	40/41	4. DESIGN AND SPECIFICATION
4.1. Généralités	40/41	4.1. General
4.2. Justification de l'emploi des résines	40/41	4.2. Reasons for use of resin facings
4.3. Conditions de service et de fonctionnement des ouvrages	42/43	4.3. Service conditions
4.4. Propriétés physiques exigées	42/43	4.4. Physical properties required
4.5. Conditions d'application sur le chantier	42/43	4.5. Conditions for site application
4.6. Essais in situ	44/45	4.6. Field trials

5. MISE EN ŒUVRE DES RÉSINES SUR LE CHANTIER	46/47	5. APPLICATION OF RESINS ON SITE	
5.1. Préparation des surfaces	46/47	5.1. Surface preparation	
5.2. Influence des conditions locales	46/47	5.2. Environmental conditions	
5.3. Dosage des composants	48/49	5.3. Batching of components	
5.4. Techniques de mélange et d'application	48/49	5.4. Mixing and placing techniques	
5.5. Hygiène et sécurité - Nettoyage	50/51	5.5. Safety aspects, cleaning procedures, hygiene.	
6. ESSAIS, CONTRÔLES DE QUALITÉ ET DE PERFORMANCES	52/53	6. TESTING, QUALITY CONTROL AND PERFORMANCE EVALUATION	
6.1. Essais en vue du choix des produits	52/53	6.1. Testing as an aid to selection	
6.2. Contrôle de fabrication et de formulation	54/55	6.2. Testing during manufacture and formulation	
6.3. Contrôle à l'application et après durcissement	54/55	6.3. Testing during application and after hardening	
6.4. Principales causes d'échec	54/55	6.4. Principal causes of poor performance	
7. DONNÉES D'EXPÉRIENCE DANS L'UTILISATION DES RÉSINES	58/59	7. REPORTED EXPERIENCE IN THE USE OF RESIN FACINGS	
7.1. Exemples-types	58/59	7.1. Typical examples	
7.2. Utilisations ayant fait l'objet de rapports	60/61	7.2. Reported uses	
7.3. Exemples publiés	60/61	7.3. Published examples	
8. PROGRÈS ET PERSPECTIVES	62/63	8. IMPROVEMENTS AND PROSPECTS	
8.1. Suggestions en vue de progrès dans l'utilisation de résines	62/63	8.1. Suggestions for the improvement in the use of resins	
8.2. Perspectives futures	62/63	8.2. Future prospects	
RÉFÉRENCES	66/67	REFERENCES	
ANNEXES :		APPENDICES :	
A1 Réponses aux questionnaires	76/77	A1 Responses to questionnaires	
A2 Classement des réponses selon les utilisations	78/79	A2 Classification of responses according to use	
A3 Classement des réponses selon les types de résines	80/81	A3 Classification of responses according to the type of resin	
B Tableau résumé des utilisations de résines en revêtement, ayant fait l'objet de rapports portés à notre connaissance	82/83	B Tabular summary of reported uses of resin facings	

AVANT-PROPOS

Lors de sa session de Canberra en 1972, le Comité des Matériaux décida d'étendre le champ de ses activités, jusqu'alors orientées vers le béton, à d'autres matériaux utilisés dans la construction des barrages, tels que le bitume et les résines synthétiques.

Il en résulta la diffusion d'un questionnaire très étendu sur les utilisations des deux types de matériaux.

Les réponses furent examinées lors de la réunion du Comité à Madrid en 1973. En première étape, elles furent exploitées dans une étude sur les utilisations du bitume, qui aboutit à la publication du Bulletin n° 32. Durant les trois réunions exécutives suivantes, on considéra le sujet des résines synthétiques, ainsi que le questionnaire initial. Un nouveau questionnaire, plus restreint, fut mis au point, puis diffusé en 1976 par le groupe de travail du Comité National Britannique.

Les réponses furent résumées et présentées à la 45^e Réunion Exécutive (1977); des rédactions successives d'un rapport de synthèse furent discutées et modifiées aux Réunions suivantes, pour aboutir au présent document qui tient compte des réponses et remarques faites jusqu'à décembre 1981.

Le présent rapport décrit le domaine d'utilisation des résines synthétiques, présente leurs caractéristiques, ainsi que différents éléments pour les projets, l'utilisation sur chantier et la mise en œuvre des essais, décrit leurs performances et, lorsque la chose est possible, tire des conclusions sur ce domaine technologique en rapide développement.

FOREWORD

During its meeting in Canberra (1972) the Committee on Materials decided to extend the range of its activities, until then directed towards concrete, to other materials used in dam construction such as bitumens and synthetic resins.

As a result a broadly based questionnaire was circulated relating to the uses of both types of materials.

The responses were reviewed during the meeting of the Committee in Madrid (1973) and, in the first instance, used for a study on the use of bitumens leading to the publication of Bulletin 32. The subject of synthetic resins and the initial questionnaire were reviewed during the next three Executive Meetings following which a restricted questionnaire was prepared and issued in 1976 by the British National Committee's Working Party.

The replies were summarised and reported during the 45th (1977) Executive Meeting and draft reports considered at subsequent Meetings with adjustments to the remit in 1979 leading to the present report which takes account of responses and comments up to December 1981.

The report reviews the extent to which synthetic resins have been used, discusses their characteristics, the considerations for design, use on site and testing procedures, reports on performance and, where possible, draws conclusions in this field of rapidly developing technology.

GLOSSAIRE *

Accélérateur : Substance qui augmente la vitesse de durcissement d'une résine synthétique.

Acrylique : Les résines acryliques sont l'ensemble des esters des acides de la série acrylique. Dans certains pays « Perspex » est le membre le plus connu de cette famille, mais il en existe d'autres, allant d'un matériau souple à des élastomères mous.

* **Adjuvant :** Substance de consistance résineuse utilisée pour remplacer, dans la formulation, une partie de la résine active, généralement dans un but d'économie. Son emploi est généralement accompagné d'un certain affaiblissement des propriétés mécaniques (qui, en ce qui concerne la dureté et la rigidité, est parfois souhaité), mais peut parfois apporter une amélioration de la résistance aux acides et à l'eau. La résistance aux chocs et à l'arrachement peut aussi être améliorée par certains adjuvants.

* **Applicateur :** Individu ou entreprise qui assure l'application sur chantier de matériaux à base de résine.

Béton (ou mortier) de polymère (en anglais : PC : polymer concrete) : Matériau hétérogène obtenu par polymérisation d'un monomère mélangé à des granulats. Le monomère polymérisé joue le rôle de liant.

Béton imprégné de polymère (en anglais PIC : polymer impregnated concrete) : Béton de ciment durci qui a été imprégné d'un monomère, lequel polymérise *in situ*.

Béton mixte ciment-polymère (en anglais PPCC : polymer portland cement concrete) : Matériau constitué à partir d'un béton de ciment frais auquel on incorpore un monomère ou un polymère sous forme liquide ou pulvérulente, ou en émulsion, donnant lieu à un durcissement et, le cas échéant, à une polymérisation *in situ*. En anglais, on rencontre aussi, dans la littérature, le terme « polymer cement concrete » (PPC) pour désigner ce type de matériau.

* **Béton de résine :** Mélange de liant à base de résine et durcisseur avec des granulats dont les plus gros ont une dimension supérieure à 6 mm.

Catalyseur : Substance qui fait réagir ensemble 2 ou plusieurs produits qui autrement seraient pratiquement inertes les uns vis-à-vis des autres (on dit aussi « amorceur » ou « initiateur » en chimie macromoléculaire).

Charge : Matériau insoluble en poudre, grains ou fibres, ajouté à un composé à base de résine pour diminuer son prix, son exothermie et son retrait, et souvent pour augmenter sa dureté, sa résistance à l'abrasion ou à la chaleur, ou toute autre propriété spécifique. Les charges augmentent la viscosité à l'état liquide et peuvent rendre le mélange thixotropique. Des charges très grossières peuvent être considérées comme des granulats au sens de la technologie des bétons.

Colle pour béton frais : Matériau à base de résine, habituellement de la famille époxydique, à appliquer sur un béton durci pour améliorer l'adhérence d'une couche nouvelle de béton de ciment frais.

Diluant : Liquide utilisé pour diminuer la viscosité, le prix ou la réactivité d'une résine, ou pour augmenter sa souplesse. Les diluants sont en principe non-réactifs ; dans ce cas, ils sont enfermés dans le produit réticulé (du moins c'est souhaitable), mais si leur poids moléculaire est faible, ou s'ils sont utilisés en excès, ils peuvent exsuder ou s'évaporer. Pour certains auteurs, les diluants peuvent être réactifs, et participer à la réaction de réticulation et être liés chimiquement à la résine.

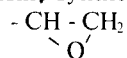
Durcissement (ou réticulation) : Passage d'une résine à l'état solide par réaction chimique.

Durcisseur : Substance qui se combine chimiquement avec une résine synthétique pour donner un produit durci. Le terme anglais (curing agent) ne doit pas être confondu avec les « produits de cure » du béton, employés pour en éviter la dessiccation trop rapide.

L'emploi de ce terme est réservé par certains auteurs aux réactions de polycondensation. Ne doit pas être confondu avec un catalyseur.

Durée pratique d'utilisation (DPU, appelée quelquefois de son nom anglais "pot-life") : Durée s'écoulant entre le mélange d'une résine avec son catalyseur ou son durcisseur, et le moment où le mélange prend la consistance d'un gel, ou devient impropre à l'usage envisagé par suite de l'augmentation de la viscosité. Il est évident (voir rubrique « exothermie » ci-dessous) que la DPU est une fonction très sensible de la température initiale des composants, de la masse des produits en présence, de la conductivité thermique du récipient, et de la température ambiante.

Epoxy-époxyde : Nom donné à une résine synthétique contenant des radicaux réactifs



- * **Epoxy acrylique** : Forme particulière de résine polyester obtenue par action d'acide acrylique sur un époxy.
- * **Exothermie** : De nombreux changements d'état physique et réactions chimiques s'accompagnent de dégagement de chaleur. Ce sont des processus exothermiques. Le durcissement chimique d'une résine synthétique est toujours exothermique, et l'élévation de température est partiellement liée à l'exothermie. Si la résine est appliquée en couche mince, ou si le volume de mélange est faible, la chaleur de réaction se dissipe facilement et l'élévation de température est insignifiante. Si on mélange une grosse quantité de produits très réactifs, la chaleur de réaction ne peut pas être évacuée si facilement. L'élévation de température accélère la réaction, ce qui entraîne encore plus de dégagement de chaleur.
- * **Formulateur** : Individu ou entreprise qui assure la définition, le choix et le mélange de résines de base, durcisseurs, charges et autres substances pour fabriquer des produits séparément non-réactifs, en vue d'un mélange final sur le chantier pour application.
- * **Furannique (résine)** : Les résines furaniques consistent en polymères à base de furfurol, obtenu avec catalyse par acides organiques. Elles sont incompatibles avec des charges ou granulats sensibles aux acides.
- * **Hypalon** : Nom commercial du polyéthylène chlorosulfoné. S'emploie sous forme de liquide ou de feuille.

Inhibiteur : Substance qui ralentit ou empêche le durcissement d'une résine.

- * **Insaturé** : Qualificatif attribué à une résine dont la chaîne moléculaire comporte des liaisons incomplètes susceptibles de donner lieu, avec des liaisons similaires, à une réticulation.
- * **Liant** : Un liant est un mélange de résine et de durcisseur capable de lier ensemble des granulats, de façon à former un mortier ou un béton.
- * **Modificateur** : Autre nom pour « adjuvant ».
- * **Monomère** : Un monomère est une molécule (habituellement organique) qui est capable de se combiner à des molécules de même nature, pour former un produit à masse moléculaire très élevée, appelé polymère.
- * **Mortier de résine** : Mélange d'un liant à base de résine et durcisseur avec du sable ou autre charge de même apparence, de granulométrie généralement étudiée, mais dont les plus gros éléments ne dépassent pas 6 mm.
- * **Néoprène** : Caoutchouc synthétique obtenu par polymérisation du chloroprène.
- Plastifiant** : Adjuvant qu'on ajoute au mélange résine-durcisseur pour abaisser le module d'élasticité du produit durci.
- Polyester (résine)** : Résine synthétique fabriquée par réaction de certaines catégories d'acides organiques et d'alcools (estérification). Les résines polyesters utilisées dans la construction sont en réalité des résines polyester insaturées, car elles comportent des liaisons insaturées susceptibles de réagir pour transformer une résine liquide en solide. Elles sont livrées sous forme de solutions de résines polyesters insaturées dans un solvant insaturé (en général du styrène) qui participe lui-même à la réaction de durcissement. Le styrène permet de diminuer les prix, d'obtenir une viscosité convenable pour la mise en œuvre, et d'augmenter la réactivité.
- * **Polymère** : Un polymère est un assemblage linéaire de molécules identiques (appelées monomères) combinées les unes avec les autres. Le processus de formation de ces chaînes est appelé polymérisation.
- Polyuréthane**** : Famille de résines formées (souvent sur le lieu d'emploi) par la réaction d'un isocyanate avec un polyalcool (ou polyéther ou polyester alcoolique). Bien qu'utilisés le plus souvent sous forme de mousses souples ou rigides, ils peuvent aussi se présenter sous forme d'un matériau élastique dense plus ou moins souple. Ce sont aussi des colles d'une bonne adhérence.
- Primaire** : Terme utilisé en peinture. Il désigne un produit applicable sur un support pour le préparer à recevoir un revêtement. Le but est de traiter la surface du support afin qu'il absorbe moins de liant du système à appliquer, ou pour améliorer l'adhérence de ce dernier.
- * **Résine** : Dans le cadre du présent rapport, le terme de « résine » désigne un mélange de produits de synthèse susceptible, sous l'action d'un catalyseur (ou d'un durcisseur) de subir une transformation chimique le faisant passer de l'état liquide à l'état solide. Cette réaction se produit sans chauffage extérieur, et un chauffage ultérieur ne peut plus ramollir le produit durci. A la résine de base on ajoute généralement des adjuvants, des charges, et autres additifs variés, selon le but recherché; elle peut aussi être renforcée par des matières fibreuses.

** Orthographe selon l'ouvrage de M. Orsini : « Peintures et Vernis Polyuréthanes » (2^e édition, 1980), préfacé par M. Traynard, Président de l'Institut Polytechnique de Grenoble.
M. Orsini appartient à la Société Bayer, dont les travaux sur les polyuréthanes font autorité.

Résine de base : Résine synthétique telle qu'elle est livrée par le fabricant avant que le formulateur lui ajoute les charges, diluants, ou autres adjuvants. De nombreuses résines sont toutefois livrées par le fabricant avec des adjuvants.

Réticulation : Formation de macromolécules à liaisons chimiques tridimensionnelles, généralement à partir de molécules linéaires. Les produits obtenus sont durs, insolubles et ne ramollissent pas à la chaleur.

Solvant : Liquide utilisé pour dissoudre la résine. De nombreux solvants présentent des dangers à l'emploi, car ils sont inflammables, plus ou moins stupéfiants ou toxiques.

* **Styrène :** Liquide obtenu par l'action du benzène sur l'éthylène. Il est incolore, huileux, volatil, inflammable et insoluble dans l'eau. C'est un composé insaturé et il polymérise facilement. Il est employé avec les résines polyesters.

Système durcissant à froid : Système à base de résine durcissant sans apport de chaleur extérieur. Dans la construction, on emploie uniquement ce genre de système.

Temps de conservation : Période pendant laquelle une résine ou un durcisseur conserve sa réactivité et sa consistance lorsqu'il est conservé au frais dans son emballage d'origine.

Thermodurcissable : Matière plastique qui, une fois durcie à la chaleur ou par réaction chimique, est transformée en un produit insoluble et non ramollissable à la chaleur.

* **Thixotropie :** Propriété d'une résine ou de toute autre substance liquide qui présente au repos une grande viscosité, et une faible viscosité lorsqu'on l'agite. Elle ne doit pas couler lorsqu'on l'applique sur surface verticale sous une épaisseur convenable.

* Etabli principalement d'après le glossaire présenté dans le rapport n° 69 de la CIRIA (Construction Industry Research and Information Association, Grande-Bretagne), par L. J. Tabor (Réf. 25), à qui nous exprimons nos remerciements.

* Rubriques extraites de sources diverses, autres que le rapport n° 69 de la CIRIA (Réf. 25).

GLOSSARY *

- Accelerator** : An additive which increases the rate of hardening of a synthetic resin.
- Acrylic** : The acrylic resins are a whole family of plastics based upon the esters of acrylic and related acids. 'Perspex' is the most familiar member of the group but others range from flexible materials to soft gummy products.
- * **Applicator** : An individual or organisation undertaking the application of resin based materials on site.
- Base resin** : A synthetic resin as supplied by a resin manufacturer before the addition by the formulator of fillers, diluents, surfactants or other modifiers. However, as obtained from the manufacturer, many resins already contain modifiers.
- * **Binder** : A binder is a blend of resin and hardener used as the matrix to bind together sand and aggregate particles to produce a mortar or concrete.
- * **Bond coat** : A resin material, usually epoxy based, for application to a substrate of hardened concrete to improve the adhesion of a subsequent layer, usually fresh wet portland cement concrete.
- Catalyst** : An additive which brings about the reaction together of two or more materials which would otherwise be practically unreactive towards each other.
- Crosslinking** : The chemical bonding together of the chain-like molecules of a resin to produce a hard, infusible, insoluble mass.
- Cold-curing resin system** : One which hardens without the external application of heat. This is the only type of system which finds application in construction work.
- Cure** : The permanent hardening of a resin by chemical reaction, i.e. 'cross-linking' (q.v.).
- Curing agent** : A material which chemically combines with a synthetic resin to give a hardened product. This is very different from the use of this term in concrete technology to describe preparations applied to the surface of concrete after the removal of formwork to entrap the moisture essential to the continued hardening of the concrete.
- Diluent** : A liquid additive used to reduce the viscosity, cost or reactivity of a resin or to increase its flexibility. Diluents may be non-reactive in which case they are (hopefully) trapped in the cured system, but if of low molecular weight, or used to excess, they may subsequently 'sweat' out or volatilise. Alternatively, diluents may be reactive and take part in the curing reaction and become chemically bound into the cured resin.
- Epoxy resin or epoxide resin** : A synthetic resin containing chemically reactive regions termed epoxide or oxirane groups.
- * **Exotherm** : Many chemical reactions and physical changes are accompanied by the release of heat energy. These are termed exothermic processes. The chemical hardening of synthetic resins is always exothermic and the rise in temperature is loosely referred to as the exotherm. If the resin is spread out as a thin layer or only a small volume has been mixed, the exothermic heat may readily be

dissipated and the temperature rise be insignificant. If a larger bulk of a very reactive system is mixed, the heat may not be so readily lost. The rising temperature accelerates the rate of reaction and hence the liberation of more heat.

* **Extender** : A resinous material used as a replacement for part of the reactive resin in a formulation, generally to reduce cost. This is usually accompanied by some loss in mechanical properties (which in the case of hardness and stiffness may sometimes be desired), but can in some cases bring improvements in acid and water resistance. Impact resistance and adhesive peel strength can also be improved by certain extender resins.

Filler : An insoluble material in powder, granular or fibrous form which is added to a synthetic resin system to reduce cost, exotherm and shrinkage and often increase hardness, abrasion resistance, heat distortion, temperature or other specifically selected property of the cured system. Fillers increase viscosity of the system at the liquid stage and can also impart thixotropy. Very coarse fillers may also be referred to as aggregates in the same sense as in concrete technology.

Flexibiliser : A diluent or extender having the specific property when incorporated into a resin/hardener system of lowering the elastic modulus of the cured product.

* **Formulator** : An individual or organisation undertaking the selection and blending of base resins, hardeners, fillers and other materials into separate non-reactive compounds for subsequent final mixing on site prior to application.

* **Furan resin** : Furan resin consists of a furfuryl alcohol polymer with an organic acid catalyst. It is not suitable for use with aggregates having low acid resistance.

* **Gel time** : The pot-life (q.v.) of a resin/hardener system under closely specified conditions.

Grout : A resin system, with or without fillers, of sufficient mobility to be pumped, poured or injected, according to design, into cracks, fissures or voids.

Hardener : A 'catalyst' or 'curing agent' (q.v.).

* **Hypalon** : A trade name for chlorosulphonated polyethylene available in liquid or solid sheet form.

Inhibitor : A substance which prevents or retards the cure of a resin system.

* **Latex** : A latex is an emulsion in which a polymer, as very fine particles of a solid or a liquid, forms the dispersed phase and water is the continuous phase. A latex usually has the appearance of a milk-like fluid.

* **Modifier** : An alternative description for 'extender' (q.v.).

* **Monomer** : A monomer is a molecular species (usually organic) which is capable of combining chemically with molecules of a like kind, or with other monomers, to form a very high molecular weight material known as a polymer.

* **Neoprene** : A synthetic rubber obtained by the polymerisation of chloroprene.

Polyester resin : A synthetic resin resulting from the reaction (esterification) between certain classes of organic acids and alcohols. The polyester resins used in the construction industry are more correctly referred to as 'unsaturated' polyesters because they contain chemically 'unsaturated' groupings capable of reaction to convert the liquid resin to a solid. As supplied, the resins are solutions of unsaturated polyester resin in an unsaturated solvent (usually styrene) which itself

takes part in the curing reaction and becomes part of the solid resin. The effect of the styrene is to lower cost, reduce the resin to a workable viscosity and increase reactivity.

- * **Polymer** : A polymer consists of repeating units derived from monomers which are linked together in a chainlike structure. The process of linking is known as polymerisation.
 - Polymer concrete or mortar (PC)** : A composite material formed by polymerising a monomer and aggregate mixture. The polymerised monomer acts as the binder for the aggregate.
 - Polymer impregnated concrete (PIC)** : A hardened hydrated portland cement concrete which has been impregnated with a monomer and subsequently polymerised *insitu*.
 - Polymer portland cement concrete (PPCC)** : A premixed material in which either a monomer or polymer is added to a fresh concrete mixture in a liquid, powder or dispersed phase (state), and subsequently allowed to cure and, if needed, polymerised in place. The term polymer cement concrete (PCC) has also been used in literature to refer to this same material definition.
 - Polyurethane** : A family of resins produced (often at the point of application) by the reaction of an isocyanate with a polyol. Although most familiar as flexible or rigid foam, they may also be dense rubbery materials covering a wide range of flexibilities. They are also very good adhesive bonding agents.
 - Pot-life** : The time elapsing between the blending of a resin with its hardener or catalyst and its reaction to the point that it has become jelly-like or that its increasing viscosity renders it unusable for its intended purpose. As is evident from the notes under 'Exotherm' above, the pot-life is very much a function of the initial temperatures of the components, the bulk of the materials involved, the thermal conductivity of the vessel containing them and the prevailing ambient conditions.
 - Primer** : As in paint technology, a material for application to a substrate to prepare it to receive the finishing system. The purpose is to seal the substrate surface to reduce absorption of binder from the subsequently applied system, or to improve the adhesion of the latter. See also 'tack-coat' and 'bond coat'.
 - * **Resin** : In the context of this report the term 'resin' is used to describe a synthetic compound which with the addition of a catalyst (otherwise termed as 'hardener' or 'curing agent') undergoes chemical change from the liquid to the solid state without the external application of heat and which having hardened cannot be reworked by heating. The basic resin will normally contain modifiers, fillers and various other additives to produce a product suitable for the intended purpose and may also contain fibrous material as reinforcement.
 - * **Resin concrete** : A blend of resin binder and hardener with graded aggregate ranging to above 6 mm at the larger end of the scale.
 - * **Resin mortar** : A blend of sand or other particulate filler generally of graded composition but the coarsest particles not exceeding 6 mm, with a binder of resin/hardener.
 - Shelf-life** : The period for which a resin or hardener should retain its reactivity and workable consistency if stored under cool conditions in the original unopened containers.
-

- Solvent** : A liquid used to dissolve the resin under consideration. Most resin solvents present handling hazards, being either inflammable, narcotic or toxic.
- * **Styrene** : A colourless, oily, volatile, flammable, water insoluble liquid made from ethylene and benzene. It is an unsaturated compound and readily polymerises and is used with polyester resins.
- Tack coat** : A 'primer' (q.v.) to be overcoated with the finishing system while still tacky.
- Thermoset** : A plastics material which, when hardened by heating or chemical reaction, is converted into an essentially infusible and insoluble product.
- Thinners** : A 'solvent' or 'diluent' (q.v.) for a resin system. Thinners should only be added to a resin system when specifically advocated by the formulator.
- * **Thixotropy** : A property of resin or other liquid which exhibits high viscosity at low stress but lowering viscosity as the shearing stress is increased. They do not slump when applied to vertical surfaces at the appropriate thickness.
- * **Unsaturated** : A resin containing a particular type of link in the chain-like resin molecule which is capable of chemical reaction to join up with similar links in other molecules to produce a network of molecular chains ('cross-linked' (q.v.)).
- * **Vinyl ester** : A specific form of the polyester range of resins produced by reacting acrylic acid with an epoxy.

* Based substantially, with acknowledgement, on the Glossary in CIRIA Report No. 69, Tabor L.J. (25).
* Items drawn from various sources other than CIRIA Report No. 69 (25).

1. GÉNÉRALITÉS

1.1. BUT DU RAPPORT

L'obtention d'un béton de bonne qualité et durable doit être un souci primordial du constructeur de barrages en béton. Toutefois, des circonstances particulières ou imprévues ou la nécessité de réparer un béton défectueux ou en voie de dégradation peuvent imposer l'utilisation de revêtements en résine synthétique, en vue d'obtenir des surfaces capables de résister à l'abrasion, aux attaques chimiques, à la percolation de l'eau, ou à toute autre sollicitation, plus que ne pourrait le faire (ou pour plus longtemps) l'ouvrage en béton nu ou un revêtement de surface moins coûteux.

Le présent rapport décrit le domaine d'utilisation des résines synthétiques en revêtements dans les barrages et ouvrages hydrauliques liés aux barrages, les types de résines employées et leurs caractéristiques, les points à prendre en considération pour les projets, les méthodes d'emploi in situ, les procédures d'essais, l'expérience en exploitation et, lorsque c'est possible, donne les conclusions que l'on peut tirer dans le domaine de cette technique en développement rapide.

Il y a de nombreuses différences entre les techniques et terminologies employées dans l'utilisation des résines ou polymères en relation avec les bétons, et dans le contexte du présent rapport les termes « résine » et « polymère » sont, en gros, interchangeable. Le Comité 548 de l'Institut Américain du Béton [20] a défini 3 catégories principales de matériaux à base de polymères associés au béton. Ce sont : le béton de polymères, le béton imprégné de polymères, et le béton mixte ciment-polymères. Au sens le plus large, ces matériaux et techniques sont en passe d'obtenir une reconnaissance internationale sous la dénomination de « matériaux à base de polymères associés au béton » (terme anglais : « concrete polymer materials »); dans de nombreux pays, on y range les systèmes à base d'époxy et les systèmes modifiés aux résines en émulsion.

Au sens large, une « résine » peut être définie comme une molécule synthétique à poids moléculaire élevé, qui peut réagir pour former un matériau solide, le terme pouvant s'appliquer au produit aussi bien avant durcissement qu'après. D'autre part, un « polymère » peut être défini comme le produit obtenu par polymérisation de réactifs monomères. Le monomère est le produit non durci, le polymère est le produit durci. Dans tous les cas, le produit obtenu après réaction est un matériau organique durci, doué de propriétés intéressantes pour de nombreuses applications aux barrages et ouvrages hydrauliques.

Le présent rapport se limite en principe aux revêtements à base de résines sur les barrages et ouvrages hydrauliques. Le sujet comprend les peintures, les mortiers et les bétons, ainsi que tout système à base de « résine » ou « polymère ». Par exemple, un béton de résine peut être un béton à liant époxydique, ou un béton au méthacrylate de méthyle, ou encore un béton lié avec un époxy acrylique.

Bien que n'entrant pas à proprement parler dans le cadre du présent rapport, plusieurs exemples d'autres systèmes de matériaux à base de polymères associés au béton sont mentionnés dans l'annexe B.

1. GENERAL

1.1. PURPOSE OF REPORT

The provision of sound and durable concrete must be a primary objective in the construction of concrete dams. However, special or unforeseen circumstances or the need to repair defective or deteriorating concrete may dictate the use of synthetic resin facings to provide a surface having resistance to abrasion, chemicals, water penetration or other adverse conditions to a much higher degree and for longer durations than can be achieved by the basic concrete structure or by less expensive surface coatings.

The report reviews the extent to which synthetic resins have been used as facings of dams and associated hydraulic structures, the types of resin employed and their characteristics, the design considerations, methods of use on site, testing procedures, reported experience in service and where possible draws conclusions in this field of rapidly developing technology.

There is considerable variation in techniques and in the terminology employed in the use of resins or polymers with concrete materials and in the context of this report the terms "resin" and "polymer" are broadly interchangeable. Committee 548 of the American Concrete Institute[20] has defined three major classifications of polymers with concrete materials. These are: polymer concrete (PC), polymer impregnated concrete (PIC), and polymer-portland cement concrete (PPCC). In the broadest sense these materials and techniques are receiving international recognition under the generic term "concrete polymer materials", and in many countries include epoxy based systems and latex modified systems.

In a general sense a "resin" could be defined as a manufactured molecule of large molecular weight which can react further to form a solid material, the term can apply to either the uncured or cured material. On the other hand, a "polymer" could be defined as the final product resulting from the polymerization of monomeric reactants. The monomer is the uncured material, the polymer the cured material. In either case the final product is a hardened organic material having useful properties in a variety of applications in dams and hydraulic structures.

The remit restricts this report to resin facings of dams and hydraulic structures. This would include overlays, mortars, and concretes, and all could be "resin" or "polymer" systems. For example a resin concrete could be epoxy bonded epoxy concrete, or it could be a methyl methacrylate polymer concrete (MMA-PC), or it could be a vinyl ester polymer concrete (VE-PC).

Although not within the scope of this report several other concrete polymer systems are mentioned in Appendix B.

On les a retenus pour l'intérêt qu'ils présentaient dans des cas où ils étaient employés comme élément d'un système de réparation ou associés à un tel système. Il s'agit plus particulièrement des rubriques 41, 42 et 50 (béton imprégné de polymère) et 56 (système modifié par une émulsion de résine). Une autre application, mentionnée dans le présent rapport, est l'utilisation d'une « colle à béton » pour améliorer l'adhérence d'un béton frais sur un béton durci.

1.2. COMPARAISON AVEC LES AUTRES MATÉRIAUX UTILISÉS EN GÉNIE CIVIL

Comme dans le cas du béton conventionnel, les composants d'un revêtement à base de résine doivent être approvisionnés sur le chantier, stockés, dosés par voie pondérale ou volumétrique, mélangés et mis en place à l'état liquide ou plastique. Ils sont alors amenés à l'état solide par un processus chimique qui peut être influencé par les conditions extérieures, température et humidité notamment.

Les matériaux conventionnels peuvent parfois être manipulés et employés dans des conditions difficiles, voire défavorables, mais les projeteurs et hommes de chantier sont bien familiarisés avec les règles à observer dans chaque cas. Les résines synthétiques quant à elles nécessitent un soin et une précision dans les interventions bien plus grandes, dans toutes les opérations successives : stockage, dosage, malaxage et mise en place. Les normes et techniques employées doivent être adaptées aux sujétions qui caractérisent ces matériaux nouveaux et pleins de possibilités. Le prix des résines est, aussi, bien plus élevé que celui du ciment, et ce seul point justifie un contrôle strict à toutes les étapes de leur emploi.

Une autre différence est la difficulté de communication entre, d'une part, le chimiste qui connaît bien son produit ainsi que le laboratoire qui l'a fabriqué, mais pas toujours les conditions dans lesquelles il sera utilisé et mis en œuvre sur le site, et d'autre part, l'Ingénieur de chantier, qui cherche à utiliser les résines sans nécessairement comprendre jusque dans le détail les précautions à prendre pour le choix et l'application de ces matériaux.

1.3. HISTORIQUE

L'utilisation des résines ou polymères avec le béton n'est pas nouvelle, puisqu'on mentionne un brevet datant de 1909 [38], mais la technologie actuelle des résines époxy est issue de recherches menées de 1934 à 1943. Le développement des systèmes durcissant à froid aux alentours de 1950 a ouvert la voie à leur utilisation dans la construction.

A la fin des années 1950 et au début des années 1960, les fabricants et formulateurs mirent sur le marché une plus grande variété de résines, et les premières utilisations remontent à 1960 (utilisation en galerie à Fort Randall aux Etats-Unis – Annexe B, exemple 46).

A partir du milieu des années 1960, on note une multiplication des applications des résines synthétiques sur les barrages ; ce fait ressort des tableaux de l'annexe B et des références [42] à [51].

These are listed as a matter of interest where the material was employed as part of a facing repair system or in association with it. Specifically, these are Items 41,42 and 50 with PIC, and Item 56, a latex modified system. A further application included in this report is the use of resins as bonding coats to improve the adhesion of fresh concrete to hardened concrete.

1.2. COMPARISON WITH OTHER CIVIL ENGINEERING MATERIALS

As with conventional concreting materials, components of resin systems must be brought to site, stored, batched by weight or volume, mixed and placed in a liquid or plastic state for conversion to a solid state through a chemical process which is affected by external conditions of temperature and moisture.

Conventional materials are tolerant of certain standards in handling and use, often in unfavourable conditions, and both design and site staffs have become familiar with these. Synthetic resins however require much greater care and accuracy at all stages of storage, batching, mixing and placing and the standards and techniques employed must match the demands of these newer and versatile materials. The cost of resins is so much greater than that of cement that this alone demands a very strict control at all stages.

A further distinction is a language or communication barrier between, on the one hand, the resin chemist who knows his materials and the laboratory which produced them but not always the site conditions under which his materials will be applied and put to work and, on the other, the civil engineer who seeks to use resins without necessarily understanding to the full the conditions required for their proper selection and application.

1.3. HISTORICAL BACKGROUND

The use of resins or polymers with concrete is not new and patents as early as 1909 are noted [38] but present epoxide technology stems from developments between 1934 and 1943. The development of 'cold curing' systems around 1950 opened the way for their use in the construction industry.

In the late 1950's and early 1960's a wider range of resin types became available from manufacturers and formulators and the earliest use of resins reported in this present investigation is at Fort Randall in U.S.A. in 1960, (Appendix B Item 46).

From the mid 1960's there is a noticeable increase in the reported use of synthetic resins in association with dams as is shown in the tables in Appendix B and in references [42] to [51].

Dans toute nouvelle technologie, après une période d'expérimentation initiale, prend place une période de réflexion où fabricants et utilisateurs font le point des succès et des échecs, après quoi des prescriptions relatives aux fabrications et des méthodes de chantier convenables peuvent être mises au point et permettre d'obtenir des résultats satisfaisants. La variété des formules de résines, mentionnées dans l'Annexe B, laisse penser que l'utilisation des résines dans la construction et l'entretien des barrages est peut-être encore dans la seconde phase, celle de réflexion et d'assimilation.

As in any new technology there is an initial stage of experimental use followed by a period of consolidation when both manufacturers and users assess the successes and failures from which suitable formulations and site techniques for satisfactory performance can be established. The variety of resin formulations reported and listed in Appendix B suggests that the use of synthetic resins in the field of dam construction and repair is perhaps still in this second phase of assessment and assimilation.

2. PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX

2.1. CATÉGORIES DE RÉSINES DISPONIBLES

Dans le domaine de la recherche et de la mise au point, un grand nombre de résines pourraient être utilisées pour revêtir ou étancher le béton, mais les applications pratiques sur les barrages et ouvrages hydrauliques ont été faites avec un nombre limité de catégories de produits.

L'Annexe A 3 montre que, selon les Comités Nationaux de la CIGB, les systèmes à base d'époxy représentent 73% du total, les époxy acryliques, polyesters, polyuréthanes et néoprènes 20% à eux tous, 5 autres catégories se partageant les 7% restants. On note dans la littérature l'utilisation d'autres types de résines, telles que les résines furaniques (réf. 41 et 47) et à base de méthacrylate de méthyle (réf. 24).

2.2. DIFFÉRENTES FILIÈRES D'APPROVISIONNEMENT

Il existe une importante différence avec les ciments pour béton classique dans la manière dont les produits sont acheminés jusqu'au chantier. Les filières d'approvisionnement des résines comprennent 3 jalons principaux :

- a) Le fabricant de résine qui produit une gamme étendue de résines de base. Pour leur réaction chimique, les résines nécessitent des durcisseurs dont il existe une grande variété de catégories et de fabrications.
- b) Le formulateur de résines qui, à partir des résines, durcisseurs, charges et additifs ou adjuvants, prépare les produits habituellement sous la forme de 2 ou 3 composants sous emballages séparés, en vue du mélange final sur chantier. La gamme de formulations possibles est considérable.
- c) Très souvent, un applicateur spécialiste sur chantier constitue le troisième maillon de la chaîne d'approvisionnement. Il est responsable de la préparation du chantier, ainsi que du dosage et de l'application du revêtement.

L'existence de cette filière d'approvisionnement et des sujétions et problèmes de communication qu'elle suppose doit être prise en compte par l'Ingénieur qui choisit un système à base de résine pour une application particulière.

2.3. NATURE DES RESINES SYNTHÉTIQUES

Les résines les plus fréquemment utilisées, telles que époxy, polyesters, époxy acryliques, sont issues de l'industrie de la pétrochimie, et leur prix reflète celui de la matière première de base que constitue le pétrole.

La rapide augmentation du prix du pétrole dans les dernières années peut accélérer le développement d'autres catégories de résines, telles que les furaniques

2. MATERIAL PROPERTIES

2.1. TYPES OF RESIN AVAILABLE

In the research and development field many resins are available for use as facings or coatings to concrete but reported practical applications to concrete dams and hydraulic structures have been made with a limited range of resin types.

Appendix A3 sets out the use of resins reported by ICOLD National Committees with epoxy based systems comprising 73% of the total, vinyl esters, polyesters, polyurethanes and neoprenes together accounting for 20% and five other types making up the balance of 7%. The use of other resins is noted in the literature, examples being the furan resins (41), (47) and methyl methacrylate (MMA) (24).

2.2. RESIN SUPPLY CHAIN

One important distinction between normal concreting cements and synthetic resins is the manner in which each reaches the site in a form ready for use. The resin supply chain comprises three main links :

- a) The resin manufacturer who produces a wide range of base resins. For their chemical setting resins require hardeners of which there are many types and manufacturers available.
- b) The resin formulator who compounds resins, hardeners, fillers and various additives or modifiers usually into two or three part packages at the factory for final mixing at site. The range of formulations possible is considerable.
- c) In many cases a specialist site applicator becomes the third link in the chain of supply, responsible for site preparation, batching, mixing and application of the resin system.

The influence of this supply chain and the communication problems inherent in it should be recognised by the Engineer when selecting a resin system for a particular application.

2.3. THE NATURE OF SYNTHETIC RESINS

The most commonly used synthetic resins, such as the epoxy, polyester and vinyl ester types, are manufactured products of the petrochemical industry and their cost reflects the price of the basic petroleum stock used.

The rapid increases in price of oil based products in recent years may accelerate the development of alternative forms of resin such as the furan range produced from

produites à partir de déchets de bois, bien que leur acidité soulève quelques difficultés dans leur emploi sur le béton [15], [37], [41], [47].

Telles qu'elles sont employées dans l'industrie de la construction, la plupart des résines se présentent sous la forme d'un liquide sirupeux, dont la consistance rend parfois l'application difficile, comme le signalent plusieurs rapports. La viscosité des résines peut être modifiée, par l'utilisation d'adjuvants appropriés ou de diluants pour la réduire, ou de charges et agents thixotropiques pour l'augmenter, selon la nature du travail concerné et les nécessités de l'application.

Les résines notées dans le sous-chapitre 2-1 possèdent à des degrés divers des aptitudes à acquérir rapidement une bonne résistance mécanique, une bonne adhérence, et des propriétés de résistance aux divers agents extérieurs : abrasion, agents atmosphériques, produits chimiques.

Les résines, une fois mélangées à un durcisseur approprié, passent de l'état liquide à l'état solide, dans un temps qui peut varier, en fonction de leur composition et de la température, de quelques minutes à plusieurs heures. La réaction est exothermique et une fois durcies, les résines ne peuvent plus être ramollies par chauffage. Elles font donc partie des thermodurcissables.

La chimie des résines synthétiques sort du cadre du présent rapport, mais il existe une littérature très fournie, et des rapports sur l'état de la technique [19], [20], [25] contiennent des résumés très utiles sur les structures et réactions concernées. La nature de ces réactions peut influencer sur la précision requise pour le dosage de la résine et du durcisseur. Par exemple, les résines époxy nécessitent de la précision dans le dosage, car le nombre de groupements réactifs doit correspondre entre résine et durcisseur. Les polyesters insaturés, par contre, réagissent chimiquement les uns avec les autres et le respect de la proportion de catalyseur est moins impératif. Cette caractéristique limite toutefois la durée de conservation des résines polyesters à 6 mois environ.

De ces commentaires et de ceux qui viendront ci-dessous, on doit retenir qu'on risque de commettre des erreurs en employant abusivement, comme on le fait souvent, le terme d'« époxy » pour désigner n'importe quel système de résines à 2 ou 3 composants, ou en s'imaginant qu'on peut modifier sans risque les proportions des composants.

2.4. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES SUSCEPTIBLES D'INFLUER SUR LES PROJETS ET LES CHOIX

Les matériaux à base de résine présentent des propriétés physiques nettement différentes de celles des matériaux traditionnels auxquels ils sont souvent associés. Ces différences peuvent être très importantes.

Malheureusement, les fournisseurs – et bien entendu les utilisateurs – de résines synthétiques ne s'assurent pas des caractéristiques appropriées concernant les performances et les propriétés des produits, et lorsque ces caractéristiques sont connues elles perdent toute valeur si les méthodes d'essais ne sont pas définies : la vitesse de chargement et la température, par exemple, peuvent en effet avoir une influence importante sur certains résultats. On ressent une lacune concernant des standards internationaux pour les modes opératoires d'essais et la présentation des résultats [32].

Le Tableau n° 1 ci-après, extrait du rapport n° 69 de la CIRIA* [25] montre des valeurs usuelles publiées pour certains paramètres pour deux des résines les plus

* CIRIA : Voir note en fin de glossaire.

timber waste as their basic material source although the acidic nature of these resins presents some problems in application to concrete [15], [37], [41], [47].

As supplied for general use in the construction industry most resins are in liquid form having a viscosity like syrup and an inherent stickiness which can make application difficult and this is noted in several reports. The viscosity of resins may be varied by the use of suitable modifiers or diluents to reduce viscosity and of fillers and/or thixotropic agents to increase viscosity depending upon the nature of the work involved and the application techniques available.

The resins noted in Section 2.1. possess to varying degrees the ability to develop good mechanical strength quickly and the properties of good adhesion and resistance to abrasion, normal weathering and to many chemical solutions.

Resins when mixed with the appropriate hardeners convert from the liquid to a solid state, the time required varying with composition and temperature from a few minutes to a period of hours. The reaction is exothermic but once set the resins cannot be reworked by heating and can, therefore, be described as thermosetting resins.

The chemistry of synthetic resins is outwith the scope of this report but an extensive literature is available while "state of the art" reports [19], [20], [25] contain useful summaries of the chemical structures and reactions involved. The nature of these reactions can influence the accuracy required for batching of resin and hardener. Epoxy resins for example require accurate batching since the resin and hardener must each contain the correct number of reactive groups. Polyesters of the unsaturated category, however, are chemically reactive within themselves and the proportions of the catalyst added are less critical. This feature however limits the storage life of polyester resins to about six months.

From these and later comments, it will be appreciated that there are dangers in the fairly common but quite incorrect use of the term "epoxy" to describe any two or three part resin system or to suppose that the proportions of the components can be altered without risk.

2.4. PHYSICAL PROPERTIES OF RESINS INFLUENCING DESIGN AND SELECTION

Resin based materials exhibit significantly different physical properties from those of traditional construction materials to which they are often attached. The differences may be of several orders of magnitude.

Unfortunately suppliers and indeed users of synthetic resins do not always provide comprehensive data on the performance or properties of resin products and such data as are available lose much of their value if the method of testing is not stated since rate of loading and temperature can affect results. There is a need for standard procedures for testing and reporting results internationally [32].

With acknowledgement to CIRIA, Table 1 from Report No. 69 [25] illustrates typical published values for certain parameters for two of the most frequently used

fréquemment utilisées. On voit qu'on peut obtenir des résistances à la compression de l'ordre de $100 \text{ kPa} \times 10^3$.

Les résistances à la traction sont en général de l'ordre de 15% de la résistance à la compression, mais peuvent dépasser 50%. Par ailleurs, les résines synthétiques ont des modules de déformation inférieurs et des allongements à la rupture supérieurs à ceux du béton, de sorte que le projeteur doit souvent baser ses calculs sur des limites de déformation plutôt que sur des limites de contrainte. Par exemple, un système à base de résine époxy présentera une résistance à la traction de $35 \text{ kPa} \times 10^3$ et un allongement à la rupture de 11%.

TABLEAU 1. – Propriétés physiques – Comparaison de quelques matériaux

Propriétés	Résines époxy * mortiers et bétons	Résines polyesters * mortiers et bétons	Mortiers et bétons de ciment Portland
Résistance à la compression. $\text{kPa} \times 10^3$	55 à 100	55 à 100	20 à 40
Module de déformation en compression $\text{kPa} \times 10^3$	2 à 10×10^3	2 à 10×10^3	20 à 30×10^3
Résistance à la flexion $\text{kPa} \times 10^3$	28 à 48	25 à 30	2 à 5
Résistance à la traction. $\text{kPa} \times 10^3$	9 à 14	8 à 17	1,5 à 3,5
Allongement à la rupture %	0 à 15	0 à 2	0
Coefficient de dilatation thermique linéaire par °C	$25 \text{ à } 30 \times 10^{-6}$	$25 \text{ à } 35 \times 10^{-6}$	$7 \text{ à } 12 \times 10^{-6}$
Absorption d'eau en % en 7 jours à 25 °C	0 à 1	0,2 à 0,5	5 à 15

* Plages de valeurs usuelles publiées dans la littérature des formulateurs. Ces valeurs s'entendent comme une indication des propriétés à température ambiante normale et avec la vitesse de chargement utilisée dans les essais sur bétons.

Les différences entre les propriétés des résines et celles du béton de ciment sont très notables, les deux résines étant assez semblables pour les propriétés étudiées, à l'exception de 2 ou 3 d'entre elles (dans d'autres domaines, les performances sont toutefois fort différentes).

Les rapports entre valeurs caractéristiques des résines et du béton, telles qu'indiquées au Tableau 1, apparaissent au Tableau 2.

resins. As this Table shows, resin-based compounds can give compressive strengths of around $100 \text{ kPa} \times 10^3$.

Tensile strengths are generally around 15% of compressive strength but can be up to 50%. However, synthetic resins have lower E-value and greater extensibility than concrete, so the designer may often need to base his calculations upon limit strain rather than limit stress. As an example, one epoxy resin system quoted as having a tensile strength of $35 \text{ kPa} \times 10^3$ has elongation at break of 11%.

TABLE 1. – Physical properties, a comparison of typical products

Properties	Epoxy resin* mortars and concretes	Polyester resin* mortars and concretes	Portland cement mortars and concretes
Compressive strength $\text{kPa} \times 10^3$	55 to 100	55 to 100	20 to 40
Compressive modulus (E-value) $\text{kPa} \times 10^3$	2 to 10×10^3	2 to 10×10^3	20 to 30×10^3
Flexural strength $\text{kPa} \times 10^3$	28 to 48	25 to 30	2 to 5
Tensile strength $\text{kPa} \times 10^3$	9 to 14	8 to 17	1.5 to 3.5
Elongation at break %	0 to 15	0 to 2	0
Linear coefficient of thermal expansion per °C	25 to 30×10^{-6}	25 to 35×10^{-6}	7 to 12×10^{-6}
Water absorption, 7 days at 25 °C, %	0 to 1	0.2 to 0.5	5 to 15

* Typical ranges of values quoted in resin formulators' literature. They may be taken as an indication of properties at normal ambient temperatures and at the strain rates used in concrete testing.

The difference between the properties of these resins and those of portland cement concrete are quite marked although with two or three important exceptions the two resins are broadly similar for the properties noted. Their performance in other respects however does vary.

The ratios of resin to concrete properties can be indicated using mean values from Table 1.

TABLEAU 2. – Rapports entre valeurs caractéristiques

Propriétés	Epoxy	Polyester	Béton
Résistance à la compression	2,6	2,6	1
Module de déformation en compression	0,24	0,24	1
Résistance à la flexion	10,86	7,86	1
Résistance à la traction	4,6	5	1
Allongement à la rupture	7,5	1	~ 0
Coefficient de dilatation thermique linéaire	2,89	3,16	1
Absorption d'eau en 7 jours	0,05	0,04	1

Cette comparaison très approximative doit être considérée avec réserve, en raison de la très grande variété des formulations, et des différences appréciables qu'on peut rencontrer de l'une à l'autre pour telle ou telle propriété.

Dans les cas où on recherche de la souplesse, des résines telles que les polyméthannes ou époxy modifiées avec des polyuréthannes ou polysulfures peuvent être intéressantes, et sur les surfaces métalliques, les brai-époxy ont été utilisées avec succès (Annexe B, n° 47). Il faut toutefois remarquer que les modules de déformation de ces produits varient avec la température (et en sens inverse de celle-ci).

Dans le choix d'un produit, il convient de prêter attention à l'adéquation du module de déformation, car une résine à module élevé peut induire des contraintes trop élevées dans un subjectile de faibles performances, avec un risque d'écaillage, comme cela a été signalé dans plusieurs exemples.

En cas d'élévation de température, la résine durcie devient plus déformable, et sa résistance à la compression diminue, ainsi que le montre la Fig. 1. Cette perte de résistance n'est généralement pas gênante pour un revêtement de barrage, car la masse de béton maintient les températures à des valeurs sans danger, et dans la plupart des cas on ne demande pas aux revêtements de résine des modules de déformation ni des résistances à la compression élevés.

Les résines sans charge ont des coefficients de dilatation thermique d'environ 10 fois celui d'un béton de ciment, mais l'incorporation de charges et granulats dans les mortiers de résine ramène ces coefficients aux valeurs notées dans le Tableau I. Ils sont encore 2 à 3 fois supérieurs à celui du béton, mais le faible module de déformation des résines et leur diminution avec les élévations de température aident souvent à réduire les contraintes pouvant résulter d'une dilatation différentielle entre résine et béton sous-jacent. Néanmoins l'avis du formulateur doit être recherché chaque fois qu'on doit revêtir avec un matériau à liant synthétique des surfaces étendues exposées à de fortes variations thermiques.

Il faut reconnaître qu'il existe un retrait au durcissement; ce retrait est beaucoup plus important pour les polyesters que pour les époxy. Il est prudent de faire préciser au formulateur la superficie maximum à revêtir en une seule fois.

Les résines sont sujettes au fluage, mais sous de faibles contraintes ou en revêtement mince le fluage peut être négligé, et dans un revêtement de surface, on peut considérer que c'est un point sans conséquence.

Les résines présentent l'avantage de pouvoir, dans une large mesure, être formulées spécialement en vue d'une utilisation particulière. Les problèmes, pour

TABLE 2. – Physical properties, ratios of mean values

Properties	Epoxy	Polyester	Concrete
Compressive strength	2.6	2.6	1
Compressive modulus 'E'	0.24	0.24	1
Flexural strength	10.86	7.86	1
Tensile strength	4.6	5.00	1
Elongation at break %	7.5	1.00	Nil
Linear Coeff. of expansion/°C	2.89	3.16	1
Water absorption 7 days %	0.05	0.04	1

This very approximate comparison must be treated with reserve due to the considerable variety of formulations available in which individual properties can be modified appreciably.

Where elasticity is important resins such as polyurethanes or epoxies modified with polyurethane or polysulphides may be an advantage and on steel surfaces coal tar epoxies have been used successfully (Item 47). The 'E' values produced will however increase at lower temperatures and decrease at higher temperatures.

Care is needed in selecting an appropriate elastic modulus since a high modulus resin may transmit too high a stress to a weak substrate causing bond failure below the interface as has been reported in several examples.

With increasing temperature hardened resins become more flexible and lose in compressive strength as shown Fig. 1. The loss in strength is not usually a problem in facing work on dams since the mass of concrete limits the temperature rise to below dangerous levels and in most cases the resin coating is not required to have high elastic modulus or high compressive strength.

Unfilled resins have coefficients of thermal expansion around ten times the value for portland cement concrete, but the incorporation of fillers and aggregates in resin mortars reduces these to the values shown in Table 1. These are still 2 to 3 times that of concrete, but the lower elastic modulus of resin compounds and its further reduction with temperature rise will often help to reduce the stress arising from differential thermal movement between a resin compound and the underlying concrete. Nevertheless the advice of the formulator should be sought whenever large areas subject to large temperature variation are to be faced with a resin based material.

Shrinkage on curing must be recognised and is much greater in polyester resins than in epoxies. It is advisable to obtain the formulator's specification for the maximum area to be applied in one operation.

Creep affects the behaviour of resins but at low stress or in thin sections creep is negligible and is not likely to be a significant factor in normal facing work.

It will be appreciated that resins are materials which to a great extent can be specially formulated for the specific use intended. The problems for the Engineer lie not

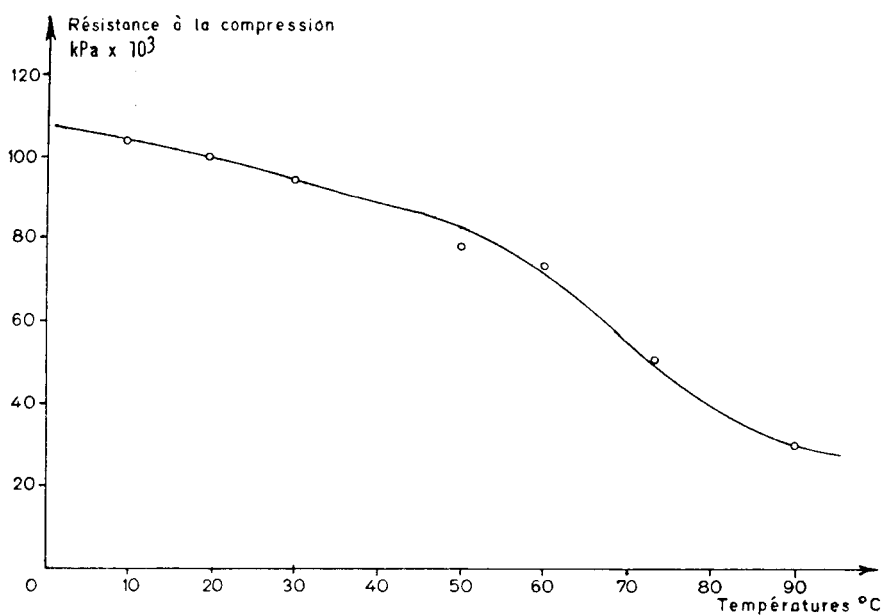


Figure 1. - Influence de la température sur la résistance à la compression d'un système à base de résine polyester durci à 20 °C. (Des résines époxy se comporteraient de façon analogue).
(D'après la CIRIA - Rapport 69 [25]).

l'Ingénieur, résident moins dans les différences entre ces nouveaux produits et les matériaux traditionnels, que dans une exacte appréciation des besoins et dans l'élaboration de spécifications réalistes, à partir desquelles le formulateur de résines peut recommander un système approprié.

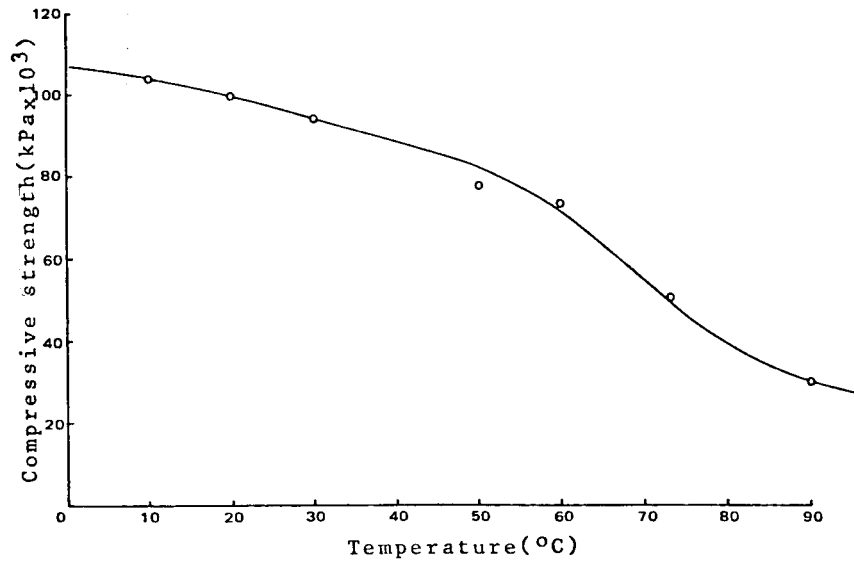


Fig. 1. - Effect of temperature on the compressive strength of a polyester system cured at 20 °C. (Epoxy resins behave similarly). (From CIRIA Report No. 69[25]).

so much in the differences between these new materials and traditional materials as in the assessment of the duty required and the drawing up of a realistic performance specification from which the formulator can recommend an appropriate resin system.

3. UTILISATION DES RÉSINES

3.1. GÉNÉRALITÉS

Les usages des résines synthétiques se sont développés dans des domaines très variés de la construction, depuis leurs premiers emplois comme colles. Leur aptitude à acquérir de bonnes résistances dans des délais brefs et leur résistance à l'eau et aux attaques chimiques en ont fait des matériaux de choix pour la réparation du béton, aussi bien en réparation superficielle qu'en injection de fissures. Le développement ultérieur des résines époxy, avec leur faible sensibilité à l'eau, a permis leur utilisation comme colle entre béton durci et béton frais, et en milieu subaquatique.

3.2. REVÊTEMENTS MINCES

Le terme de « revêtement mince » s'applique à un système contenant peu ou pas de charges, donnant après séchage un film dont l'épaisseur totale ne dépasse pas 1 ou 2 mm.

L'utilisation de revêtements minces en résine sur des barrages est seulement un exemple particulier parmi une très large gamme d'applications. Le rapport n° 515 [19] du Comité de l'American Concrete Institute (ACI) examine cet important usage des revêtements de résine.

L'emploi de revêtements minces de résine est justifié par le besoin de surfaces résistant à des sollicitations plus sévères pendant des durées plus longues que ce qu'on peut demander à des ouvrages en béton habituels ou des revêtements plus économiques. Pour que les résultats soient satisfaisants, un grand soin est nécessaire pour la préparation des surfaces et l'application du primaire, en raison de la faible épaisseur du film ainsi constitué.

Les résines employées pour cet usage comprennent non seulement les résines époxy et les polyesters, mais aussi des polyuréthanes, des époxy-acryliques, du polyéthylène chlorosulfoné (hypalon) et du néoprène.

Les plus récentes formulations de résines époxy, susceptibles d'application subaquatique, sont un développement intéressant, mais qui exige un contrôle strict de la préparation des surfaces et des méthodes d'application, dans des conditions extrêmement difficiles.

3.3. MORTIERS ET BÉTONS DE RÉSINE

Les mortiers et bétons de résine, ou, selon la définition du chapitre 1.1, les bétons de polymères, sont préférés aux revêtements minces lorsqu'on exige une plus grande résistance à l'abrasion ou autres sollicitations, ou pour réparer des dégâts peu étendus ou peu profonds.

3. USES OF RESINS

3.1. GENERAL

Synthetic resins have been developed for a variety of uses in general construction since their earliest use as adhesives. Their ability to achieve good strength quickly and to resist weather and chemical attack led to their use on concrete repairs both for surface patching and by injection for crack sealing. The later development of epoxy resins with low sensitivity to water permitted their use as bonding agents between old and new concrete and for use underwater.

3.2. SURFACE COATINGS

The term 'coating' is used to describe a thin facing usually of unfilled or lightly filled resin having a total dried film thickness not exceeding about 1 to 2 mm.

The use of resin coatings on dams is only one specialised example of an extensive range of applications. A report by the ACI Committee 515 [19] reviews these wider uses of resin coatings.

The use of a resin coating is justified by a need for a surface resistant to adverse conditions to a much higher degree and for a longer duration than the basic concrete structure or alternative less expensive surface coatings. For successful results very careful surface preparation and priming are essential due to the thin dried film thickness of coatings.

Resins used in coating applications include not only epoxy and polyester systems but also polyurethane, vinyl ester, chlorosulphonated polyethylene (Hypalon) and neoprene types.

The more recent formulation of epoxy resins which can be applied and cured below water is a useful development but one which demands strict control of surface preparation and application procedures in extremely difficult circumstances.

3.3. RESIN MORTARS AND RESIN CONCRETE

Resin mortars and concretes or, as they are defined in Section (1.1), "Polymer concretes" (PC), are employed in preference to resin coatings where greater resistance to abrasion or other adverse condition is required or where local or shallow surface damage is to be repaired.

Les mortiers de résine sont fabriqués avec des sables siliceux de nature contrôlée, de granulométrie définie, et soigneusement séchés. La grosseur et la granulométrie du sable ont une grande influence sur la maniabilité et les propriétés finales, et elles peuvent varier selon les problèmes à résoudre. L'addition d'un agent thixotrope peut-être utile en cas d'application verticale ou au plafond. On emploie les mortiers de résine lorsque l'épaisseur est inférieure à 40 mm, et les bétons de résine, avec adjonction de granulats plus gros, lorsque l'épaisseur dépasse 40 mm [21]. Dans la plupart des cas, il est recommandé d'appliquer un primaire consistant en une résine *sans charge*.

Les bétons de polymères sont appliqués en épaisseurs bien plus grandes que les revêtements de résine, et il faut bien prendre garde au dégagement de chaleur qui accompagne le durcissement : le refroidissement provoque un retrait qui peut conduire à une fissuration ou à un décollement (Annexe B, rubriques 50, 51, 52).

La mise en place et le compactage des bétons de polymères sont plus difficiles que l'application des revêtements minces, ce qui limite le volume des gâchées, compte tenu de la durée pratique d'utilisation.

Les bétons de polymères, aussi bien mortier que béton, ont été largement utilisés pour réparer des bétons endommagés ou présentant des défauts, sur des barrages, des déversoirs, des canaux, ainsi que dans des tunnels ou autres ouvrages hydrauliques. On les a aussi employés sur des seuils de barrage ou comme béton de scellement ou de seconde phase pour des pièces fixes de vannes. Ce sont les systèmes à base de résine époxy qui ont été le plus souvent employés comme liant dans les bétons de polymères, mais la plupart des résines énumérées dans le sous-chapitre 3-2 ont été utilisées (Annexe A-3).

3.4. INJECTIONS DE RÉSINE

La consistance des résines utilisées en injections varie du mortier à pomper jusqu'à des formulations dont la viscosité se rapproche de celle de l'eau.

Les coulis de résine sont très utilisés comme produit de calage pour machines diverses et chemins de roulement; ils ont aussi été employés comme produit de scellement pour des vannes de barrages, des boulons de fixation de vannes, appareillage et mains courantes.

Des résines époxy à faible viscosité ont été utilisées avec succès pour injecter des fissures dans le béton avant exécution d'un revêtement. Mais avant d'entreprendre un travail de ce genre, il faut s'assurer de la cause de la fissuration, car l'injection de résine n'est pas capable de rendre à un béton la capacité de résister aux sollicitations qui l'ont rompu.

Les résines polyester sont très utilisées pour le scellement d'ancrages au rocher, en raison de leurs grandes tolérances vis-à-vis du dosage et du mélange, bien que les époxy leur soient préférés pour les trous lisses ou de grande longueur.

3.5. COLLES À BASE DE RÉSINE

Les premières applications des résines concernaient le collage d'éléments en béton déjà durci, en raison de leurs propriétés d'adhérence et de rapidité de durcissement.

Resin mortars are formulated from resins with the addition of selected, graded and dried silica sand. The sand size and grading influence workability and final properties and can be varied to suit the application. The addition of a thixotropic agent can assist in vertical or overhead work. Resin mortars are employed where the layer thickness does not exceed about 40 mm and resin concretes, containing aggregate in addition to sand, are used for depths exceeding 40 mm [21]. In most cases the prior use of an unfilled resin coating as a priming or bond coat is recommended.

Polymer concretes are applied to much greater layer thicknesses than coatings and due attention must be paid to the higher temperatures which will result during hardening and to the subsequent shrinkage on cooling. These factors may give rise to cracking and loss of bond (Appendix B Items 50, 51, 52).

Polymer concretes are more difficult to apply and compact than coatings and this limits the size of batch which can be mixed and placed within the pot life of the resin.

Polymer concretes, both as mortars and concretes, have been used extensively to repair damaged or defective concrete on dams, spillway crests and channels and in tunnels and other hydraulic structures. They have been employed also in barrage sills and at the junction of control gate frames with concrete structures. While epoxy based systems have been most widely used as the binder in polymer concretes many of the resins noted in Section 3.2 have been employed (Appendix A3).

3.4. RESIN GROUTS

The consistency of resin used as grout may be varied from pumpable mortars to thin formulations approaching the viscosity of water.

The use of resin grouts as bedding below machinery or rail bedplates is well established and has been adopted at barrage gate seatings and as the grouting medium for holding-down bolts for machinery, valve gear and handrails.

Low viscosity epoxy resin grouts have been used successfully to seal cracks in concrete prior to coating but before attempting such work the cause of the crack must be determined since resin injection of a crack will not in itself increase the load carrying capacity of an overloaded concrete member.

Polyester grouts are used extensively in bonding rock anchors due to their greater tolerance in batching and mixing although epoxy grouts are preferred in smooth or oversize holes.

3.5. RESIN ADHESIVES

The earliest application of resins was in the bonding of hardened concrete units due to their properties of good adhesion and early strength.

Des résines ont été utilisées comme colle pour des revêtements de barrages (petits ou grands) et tunnels, pour la fixation d'éléments préfabriqués à base de résine sur des ouvrages en béton. Des exemples sont donnés dans l'annexe B sous les rubriques 5 (époxy) et 17 (néoprène).

3.6. COLLES POUR BÉTON FRAIS

Des résines époxy convenablement formulées sont employées comme colle entre béton frais et béton durci. Après la préparation de surface, le béton durci est enduit du mélange résine-durcisseur et le béton frais est coulé par-dessus alors qu'il est encore poisseux [21] et [22]. On a utilisé cette technique pour reprofiler la surface de barrages préalablement à l'application d'un revêtement général, comme dans les exemples n° 23, 26 b, 40 et 53 de l'annexe B.

3.7. MORTIER À LIANT MIXTE

Comme on l'a vu au paragraphe 1-1, il n'y a pas de limite tranchée entre, d'une part, un mortier de polymères avec des charges fines comprenant entre autres du ciment ou des cendres volantes, et, d'autre part, un mortier de ciment auquel on a ajouté une proportion notable de résine.

Les mortiers à liant mixte présentent sur les mortiers de résine l'avantage de pouvoir être mis en œuvre beaucoup plus rapidement, en utilisant les techniques de bétonnage courantes. Bien que moins performants que les mortiers de résine dans de nombreux domaines, ils ont montré [14], [16], [43] de bonnes propriétés d'adhérence au béton, et de résistance aux chocs, à l'abrasion, et aux cycles de gel-dégel. Un exemple de cette utilisation figure dans l'annexe B (n° 56) et dans les références [43].

Resins have been employed as adhesives on facings to dams, weirs and tunnels to attach factory made resin based panels to the concrete structures. Examples are given in Appendix B under Item 5 (epoxy) and Item 17 (neoprene).

3.6. RESIN BOND COATS

Suitably formulated epoxy resins are employed as bond coats between old and new concrete. After surface preparation the old concrete is coated with an epoxy resin/hardener bonding coat and the fresh concrete poured against this while it is still tacky [21], [22]. This technique has been employed in restoring surface profiles on dams prior to a general resin coating as in Items 23, 26 (b), 40 and 53 of Appendix B.

3.7. RESIN MODIFIED PORTLAND CEMENT MORTARS (PPCC)

As noted in Section (1.1) there is an ill-defined division between, on the one hand, a polymer mortar with fine fillers which may include portland cement or pulverised fly ash and, on the other, a portland cement mortar containing a significant proportion of a polymer or resin.

Resin modified mortars (PPCC) have certain advantages over resin mortars (PC) in that they can be applied much more rapidly with conventional concreting techniques. While not as strong as PC in many respects they have been shown [14], [16], [43] to possess good adhesion to concrete, resistance to impact, to abrasion, and to repeated freeze/thaw cycles. One example of this use of resins has been included in Item 56 of Appendix B and in literature reference [43].

4. ETABLISSEMENT DES PROJETS ET PRESCRIPTIONS

4.1. GÉNÉRALITÉS

L'Ingénieur qui se propose de réaliser un revêtement à base de résine doit tout d'abord se poser un certain nombre de questions fondamentales, et y répondre clairement.

a) Dans le cas d'une construction neuve

- i) Pour quelles raisons utiliser des résines ? Ce peut être pour protéger le béton contre une eau agressive, pour apporter une meilleure résistance à l'abrasion, ou pour assurer l'étanchéité d'une zone critique, etc.
- ii) Le problème ne peut-il pas être résolu d'une autre manière ?
- iii) L'utilisation de résines est-elle plus économique que les autres techniques ?
- iv) Le revêtement en résine ne fera-t-il pas surgir d'autres problèmes ? Voir le paragraphe 4-3 sur les risques de gel-dégel.

b) Dans le cas d'une réparation

- i) Quelle est l'origine des défauts ou dommages à réparer ?
- ii) Cette cause initiale peut-elle être éliminée, ou peut-on apporter des modifications qui en réduisent les effets, de façon à pouvoir réparer à moindre coût ?
- iii) Même question qu'en (a) (iv) ci-dessus.

Une fois convaincu que le revêtement à base de résine est la meilleure solution, l'Ingénieur doit définir le but assigné au revêtement, les conditions de service, les caractéristiques physiques qu'il devra présenter et les conditions d'application sur le chantier. Il doit aussi apprécier, en vue du choix des opérateurs, l'expérience et la compétence des formulateurs et applicateurs, compte tenu des particularités de tous ordres du revêtement à réaliser.

4.2. JUSTIFICATION DE L'EMPLOI DES RÉSINES

Elle découle tout naturellement des réponses aux questions posées au paragraphe 4-1 ci-dessus, mais des éléments supplémentaires devront être apportés pour éclairer le formulateur.

4. DESIGN AND SPECIFICATION

4.1. GENERAL

The Engineer considering the use of a resin facing should first reach a clear understanding on several basic questions :

a) For new construction

- i) What are the reasons for using resins ? These may include the necessity to protect concrete from aggressive water, to obtain high abrasion resistance or to ensure waterproofing in some critical location etc.
- ii) Can the problem be eliminated by alternative design ?
- iii) Is the use of resins cost effective in comparison with other techniques ?
- iv) Is it possible that a resin facing may introduce some secondary problem ? See Section 4.3 on freeze/thaw risks.

b) For repair work

- i) What is the primary cause of the defect or damage which is to be repaired ?
- ii) Can this primary cause be removed or rectified allowing a repair with lower cost techniques ?
- iii) as (a) (iv) above.

If satisfied that a resin facing is the correct solution the Civil Engineer's task is to define the purpose for which the resin facing is required, the service conditions, the physical characteristics necessary in the resin facing and the facilities and conditions which will exist for its application on site. To this must be added the assessment and selection of formulators and applicators with the experience and skill in handling resin systems suitable for the intended purpose.

4.2. REASONS FOR USE OF RESIN FACINGS

These will have been established through the answering of the basic questions posed in Section 4.1 but must be set out clearly for the benefit of the formulator.

4.3. CONDITIONS DE SERVICE ET DE FONCTIONNEMENT

Les points principaux à considérer sont les suivants : les conditions d'immersion, l'abrasion, le frottement des glaces, les écoulements à grande vitesse, les chocs de troncs d'arbres, la présence d'eau agressive ou porteuse d'agents chimiques, le régime thermique (amplitude et vitesse des variations), l'éventualité de sous-pressions interstitielles dans les pores du béton sous-jacent, la présence de fissures et leur nature, la présence de joints et l'importance de leurs mouvements constatés ou prévus (Annexe B, exemples 13 à 16, 26, 27, 28). Les fissures actives nécessitent un traitement spécial car leur simple « pontage » ne peut pas, en général, s'accommoder des mouvements d'une fissure active ou d'un joint.

Le bon état du béton sous-jacent doit être vérifié [22], de préférence après la préparation de surface, au besoin en pratiquant les essais d'arrachement tels que ceux définis dans le Journal de l'ACI n° 59 (1962) ou par d'autres auteurs [12], [32].

Une attention particulière doit être accordée aux cas où on est en présence de cycles répétés de gel-dégel. Les revêtements de résine ont par eux-mêmes une bonne résistance à de telles sollicitations [24], mais leur application sur le béton, en principe, étanche une surface précédemment en contact avec l'atmosphère. Si le béton est exposé à l'imbibition par une autre source d'humidité, le sol, par exemple, il peut se saturer et être attaqué par les cycles de gel-dégel jusqu'à écaillage ou cloquage sous le revêtement.

4.4. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES EXIGÉES

Le stockage, la manutention, le dosage, le mélange et l'application du revêtement sont influencés par les propriétés physiques des résines non durcies et leurs composants.

Les propriétés physiques qu'on demande au revêtement une fois durci sont difficiles à définir sous forme de données quantitatives, mais les qualités les plus importantes qu'on en attend doivent être bien définies afin que le formulateur puisse incorporer les adjuvants appropriés aux buts recherchés.

Un examen minutieux des conditions de service telles que définies au paragraphe 4-3 permettra l'établissement d'une liste de prescriptions auxquelles le revêtement devra répondre, définissant les propriétés physiques convenables qu'il devra posséder, avec ordre de priorité, en matière de durabilité, résistance, adhérence, souplesse, imperméabilité, résistance chimique, etc. [32].

4.5. CONDITIONS D'APPLICATION SUR LE CHANTIER

Le formulateur doit recevoir le maximum de renseignements possible sur les conditions dans lesquelles son système à base de résines sera mis en œuvre sur le chantier. Cette information doit concerner notamment :

- l'importance du travail, car de celle-ci dépendent la nature et les dimensions des emballages ainsi que le mode de dosage et de mélange,
- la saison d'exécution, avec les températures et autres conditions atmosphériques prévisibles,

4.3. SERVICE CONDITIONS

Factors to be considered should include : the extent and frequency of immersion, abrasion from gravel or ice, high velocity flows, impact from floating timber, presence of aggressive water or chemicals, range and rate of temperature change, the possibility of pore pressure in the concrete substrate and the presence and nature of cracks or movement joints and the range of movement present or anticipated. (Appendix B Items 13-16, 26, 27, 28). Active cracks require special treatment since surfacing cannot be expected to withstand the strain imposed by crack or joint movement.

The soundness of the concrete substrate should be tested [22], preferably after surface preparation, if necessary by using pull off tests such as set out in the Journal American Concrete Institute 59 : 1962 and elsewhere [12], [32].

Special consideration should be given to situations liable to repeated freeze/thaw cycles. Resin facings in themselves have good resistance to these conditions [24] but their application to concrete can seal a surface previously open to the atmosphere. If the concrete is in contact with a source of water from the ground or elsewhere it may then become saturated and suffer severe freeze/thaw damage with delamination below the resin/concrete interface.

4.4. PHYSICAL PROPERTIES REQUIRED

The physical properties of the unhardened resin and its components influence storage, handling, batching, mixing and placing techniques.

The physical properties required of a hardened resin coating may be difficult to quantify but those characteristics most significant to the type of duty intended should be identified to permit the formulator to include the modifiers appropriate to the required duty.

A thorough examination of service conditions under Section 4.3 will produce a list of performance requirements which the facing must fulfil with suitable physical properties in terms of durability, strength, adhesion, flexibility, impermeability, chemical resistance etc. which can be ranked in order of priority [32].

4.5. CONDITIONS FOR SITE APPLICATION

The formulator must be given the fullest information on the conditions under which his resin system will be applied on site. This should include :

- the size of the work since this affects how and in what quantities material components will be batched and mixed
- time of year and anticipated temperature and climatic conditions

- le matériaux à revêtir, ainsi que la préparation des surfaces, avec indication de l'état de surface prévu,
- les risques de pluie ou de condensation avant et après application du revêtement,
- les possibilités de protection et de chauffage,
- la ventilation des espaces confinés,
- les techniques d'application qu'il est possible d'envisager compte tenu des conditions locales particulières.

Le formulateur doit être interrogé sur son expérience en matière de travaux similaires, le type de liant qu'il propose, avec indication des proportions et de la granulométrie des charges et granulats, les durées de durcissement en fonction de la température, et toutes autres propriétés particulières.

Il faut également que les parties intéressées se mettent d'accord sur les contrôles à exécuter en usine et sur le chantier, avec définition des seuils d'agrément et des tolérances pour chaque paramètre.

Si le formulateur n'applique pas lui-même, il convient d'établir une liste d'applicateurs agréés par lui, et de définir les garanties qu'il en est en mesure d'appliquer au revêtement terminé..

4.6. ESSAIS IN SITU

Chaque fois que ce sera possible, il conviendra de procéder à des essais *in situ* avant de prendre les décisions définitives sur le type de résine, sa formulation et la technique d'application.

- material to be coated and the surface preparation and texture intended
- risk of rain or condensation on uncoated and coated work, extent of protection and heating available
- ventilation in confined spaces
- application techniques which are feasible for the particular location.

The formulator should be asked to state his previous experience of similar work, the type of resin binder proposed with proportions and gradings of fillers and aggregate, the curing time at different temperatures and any special requirements.

Agreement should be reached on the tests to be applied at factory and site with acceptable values and tolerances for each parameter.

If the formulator is not to be the applicator it should be established if he has a list of approved applicators and the extent of guarantee which can be provided for the finished product.

4.6. FIELD TRIALS

Whenever circumstances permit, field trials should be carried out before final decisions are taken on resin type and formulation and on application techniques.

5. MISE EN ŒUVRE DES RÉSINES SUR LE CHANTIER

5.1. PRÉPARATION DES SURFACES

Une préparation minutieuse des surfaces est une condition primordiale du succès de l'application d'un revêtement à base de résine [22]. Le béton en mauvais état doit être entièrement enlevé par des méthodes mécaniques bien contrôlées, et les bords de la zone à préparer doivent être taillés à bord franc, de préférence à la scie diamantée, de façon à présenter une face verticale contre laquelle le matériau de réparation pourra être compacté.

Toute trace de laitance ou de dépôt parasite doit être éliminée, mais les granulats ne doivent pas être déchaussés ni fendus. Le lavage à l'acide n'est pas davantage recommandé, par contre le sablage ou le meulage, ou encore le nettoyage au canon à eau, sous forte pression, sont de nature à donner une surface convenable, régulière et propre. Des essais préalables en vue de définir les prescriptions du chantier ont fait la preuve de leur utilité [43].

Lorsque le béton est dégradé sur une épaisseur importante, le gabarit de l'ouvrage peut être reconstitué économiquement avec un mortier ou un béton de ciment après enduction de l'ancien béton avec une colle pour béton frais; le revêtement est ensuite appliqué sur la surface reconstituée. La zone réparée doit subir la même préparation que le reste des surfaces à revêtir.

A moins d'employer des formulations spéciales, la surface du béton doit être sèche; un contrôle simple consiste à recouvrir une petite zone d'une feuille de caoutchouc ou de polyéthylène pendant une douzaine d'heures. Si au bout de ce temps l'envers de la feuille est mouillé, c'est que le béton n'est pas suffisamment sec, et on ne doit pas appliquer le revêtement de résine sans consulter le formateur [22].

Si la question de la température se pose, il convient de faire les contrôles nécessaires en vue d'obtenir la température voulue jusqu'à 75 mm de profondeur au moins dans le béton. On peut assurer le chauffage par air chaud, radiateur à infra-rouge, ou autre source de rayonnement, mais il faut absolument éviter tout chauffage par flamme nue.

5.2. AMBIANCE DE L'APPLICATION

Si l'ambiance du chantier au moment de l'application est différente de celle prévue lors de l'établissement des spécifications, les précautions convenables doivent être prises, par exemple en abritant, en chauffant ou en rafraichissant les lieux. On risque notamment des difficultés si un système à base de résine prévu pour l'été ou une atmosphère sèche est appliqué en hiver ou dans une atmosphère humide, ou vice versa.

5. APPLICATION OF RESINS ON SITE

5.1. SURFACE PREPARATION

Thorough surface preparation is of critical importance to the success of a resin facing application [22]. All unsound concrete must be cut out by well controlled mechanical methods and the edges of the repair area should be defined, preferably by cutting with a diamond saw, to provide a vertical boundary against which the repair material can be compacted.

All laitence and surface contamination must be removed but aggregate should not be loosened or undercut. Acid etching is no longer recommended and sand or grit blasting or high pressure water jetting should be employed to produce a uniform sound and dust free surface. Preliminary trials to establish site standards have proved valuable [43].

Where concrete has deteriorated to a significant depth the profile can be restored economically by placing portland cement concrete or mortar over an epoxy bond coat before application of an overall resin facing. The surfaces of these patches require the same surface preparation as the remainder of the area to be faced.

Unless special formulations are to be used the surface of the concrete must be dry and a simple test consists of covering a small area with a sheet of rubber or polythene for about 12 hours. If moisture has collected on the underside of the sheet at the end of this time the concrete is not dry enough and resin facings should not be applied without consultation with the formulator [22].

If the surface temperature is a critical feature this must be controlled to achieve the required temperature to a depth of about 75 mm. Heating should be by warm air, infra red heaters or other radiant source, direct flame heating should not be permitted.

5.2. ENVIRONMENTAL CONDITIONS

If the prevailing conditions on site at the time of application differ from those anticipated at the time of specification suitable precautions must be taken by means of shelters, heating or cooling and the like. Problems are likely if a resin system designed for application in dry or summer conditions must be applied in wet or winter conditions or vice versa.

5.3. DOSAGE DES COMPOSANTS

La nécessité du soin à apporter au stockage, au dosage et au mélange des composants a déjà été soulignée. Sur les chantiers importants, il est intéressant d'utiliser des pompes doseuses puisant dans des containers les produits en vrac. Sinon, il faut utiliser des emballages où les produits sont prédosés, de dimensions appropriées à la taille du chantier; mais dans ce cas, il faut prendre garde de mélanger la totalité du contenu de chaque boîte, et lorsque les résines sont visqueuses, il est nécessaire de disposer d'outils spéciaux pour racler convenablement les parois. Le dosage par petites quantités fait avec « les moyens du bord », qu'il soit volumétrique ou pondéral, donne des résultats capricieux et doit être évité.

5.4. TECHNIQUES DE MÉLANGE ET D'APPLICATION

Pour de petites quantités, on peut faire le mélange à la main, mais on pratique plus couramment le mélange mécanique, et lorsque les produits sont chargés, on utilise des malaxeurs de types divers selon les quantités à mélanger (à cuve, à hélice...). S'il s'agit de résines liquides en faibles quantités, on peut opérer avec un agitateur de peintre entraîné par une petite perceuse électrique. Le contrôle visuel de la qualité du mélange, laquelle est primordiale pour un bon durcissement, est grandement facilité si la résine et le durcisseur sont de couleurs différentes.

Il faut bien entendu limiter la quantité mélangée à celle qu'on peut appliquer pendant la durée pratique d'utilisation.

Dans la plupart des cas, l'application d'un primaire, constitué de résine non chargée, est nécessaire pour éviter que le béton ne boive le liant de la couche principale du revêtement. Cette opération doit être réalisée très soigneusement, de préférence avec une brosse assez dure : il faut en effet recouvrir absolument toute la surface, y compris les petites anfractuosités. La couche suivante doit être appliquée tant que le primaire est encore liquide, ou en tout cas poisseux.

Les techniques d'applications sont variables en fonction de la composition et de la viscosité du revêtement ou du mortier, ainsi qu'avec la taille du chantier. Pour de petites ou moyennes applications, le travail est fait à la main, soit à la brosse, soit au rouleau, tandis que sur des surfaces plus grandes on peut employer un pistolet à deux têtes. Quant aux mortiers, il est indispensable de les compacter soigneusement, et la finition est toujours manuelle, à la truelle. Des essais ont toutefois été faits aux Etats-Unis avec une machine répanduse-finisseuse (Annexe B, exemple 52).

Lorsque le revêtement comporte plusieurs couches, il est important d'assurer une bonne liaison entre couches, et on applique les couches successives avant que la précédente soit complètement durcie, d'où la nécessité d'un programme rigoureux et d'un contrôle méticuleux (Annexe B, ex. 7, 40, 46). Les surfaces à couvrir lors de chaque opération doivent être déterminées avec le concours du formulateur, ainsi que les dispositions à adopter pour une bonne liaison aux joints des reprises journalières. Ce dernier point concerne également les revêtements monocouches (Annexe B, 26).

Bien que beaucoup de résines durcissent convenablement à température ambiante, de récentes prescriptions du Bureau de Réclamation aux Etats-Unis [21] imposent le maintien des résines époxy à une température supérieure à 16 °C pendant tout le durcissement, et un chauffage entre 32 °C et 43 °C pendant 4 heures (ou entre 16 et 43 °C pendant 24 heures) et proscrivent tout contact humide pendant ces périodes.

5.3. BATCHING OF COMPONENTS

The need for careful storage, batching and mixing of components has been noted. Large jobs justify linked metering pumps drawing from bulk containers. Failing this, factory weighed containers of a size suitable for the work in hand should be used but the whole contents of tins must be mixed and with viscous resins this requires the use of purpose made scrapers. Small scale weigh or volume batching under exposed site conditions is seldom satisfactory and should not be permitted.

5.4. MIXING AND PLACING TECHNIQUES

While small quantities can be hand mixed, mechanical mixing is more common and when fillers are involved a pan type mixer is generally used for larger batches or a dough type mixer for smaller quantities. Liquid resin in small quantities can be mixed with a paint stirrer operated by a small electric drill. The use of pigmented resins and hardeners in different colours greatly aids a visual check on the thoroughness of mixing which is critical for successful hardening.

Only sufficient resin components should be batched and mixed at a time to permit application of the batch within the pot life of the resin.

In most cases a priming coat of unfilled resin and hardener is necessary to "wet" the concrete substrate and prevent loss of resin binder from the main facing layer. The primer must be very thoroughly worked into the surface, usually using stiff brushes to ensure complete covering and penetration of minor cavities. Subsequent layers must be applied while the primer is still liquid or at least "tacky".

Placing techniques vary with the composition and viscosity of the resin coating or mortar and also with the scale of the work. On small to medium scale jobs hand application of coatings by brush or roller is normal with the use of twin head spray guns on larger areas. Mortars require thorough compaction and are invariably finished by hand, using trowels. Trials have been carried out in the United States with machine placing and finishing, Appendix B Item 52.

Very careful control and programming is necessary in multiple coat work to achieve satisfactory bonding between coats and usually requires that each successive coat is applied before the previous coat has fully hardened. (Appendix B Items 7, 40, 46). The areas to be coated in one operation should be determined in consultation with the formulator and agreed techniques developed for dealing with junctions at day joints to ensure proper bonding. This last point applies equally for single coat work. (Appendix B Item 26).

While many resin formulations cure or harden satisfactorily at ambient temperatures recent specifications [21] by the Bureau of Reclamation in the United States require epoxy resins to be maintained at a temperature of not less than 16 °C until the resin is hard and post curing at 32 °C to 43 °C for 4 hours (or 16 °C to 43 °C for 24 hours) with no moisture contact during these periods.

5.5. HYGIENE ET SECURITE - NETTOYAGE

Le nettoyage de tout l'outillage doit être organisé avec rigueur pour éliminer toute trace de résine avant qu'elle ne durcisse. Beaucoup des solvants employés sont très inflammables ou toxiques, et des précautions de sécurité très strictes doivent être prises. Les chiffons ou autres matières utilisées pour le nettoyage, ainsi que les solvants « usés » doivent être entreposés en sécurité et sans provoquer de pollution.

Les composants des résines synthétiques peuvent provoquer des irritations de la peau, et produire des vapeurs qui, parfois, peuvent présenter certains risques. Les résines polyester dégagent des vapeurs de styrène, lesquelles donnent lieu dans certains pays, comme la Grande Bretagne, à une réglementation. Dans la plupart des applications en revêtements à l'air libre, les vapeurs ne représentent pas un grand danger, mais il faut être très vigilant si le chantier se déroule en atmosphère confinée.

On peut se procurer, auprès des fabricants et formulateurs ou des organisations professionnelles [33], ou encore dans la littérature technique [15], [22] des documents bien conçus sur la sécurité dans la manipulation et l'emploi des résines; celui qui veut utiliser les résines et prescrire leur emploi, doit les lire et bien les comprendre.

Tous les travailleurs qui manipulent des résines doivent être munis de gants et vêtements appropriés et de masques ou lunettes et crème protectrice. Ils doivent disposer, à proximité du chantier, d'installations sanitaires complètes et d'un poste de premiers soins. On ne doit pas utiliser des solvants sur la peau pour enlever la résine.

Des mesures complémentaires sont recommandées en cas d'application au pistolet. L'opérateur doit être revêtu d'une cagoule avec alimentation en air indépendante, et le personnel non protégé doit être éloigné du pistolet à une distance supérieure à 30 mètres.

Dans les espaces confinés, tout l'appareillage électrique doit être antidéflagrant.

5.5. SAFETY ASPECTS, CLEANING PROCEDURES, HYGIENE

The cleaning of equipment must be organised carefully to remove unused resin before hardening begins. Many of the solvents used are highly inflammable or toxic and stringent safety precautions must be enforced. The rags and other materials used in cleaning and the contaminated solvents must be disposed of safely without causing pollution.

Synthetic resin components can induce skin irritations and can produce noxious vapours which in some cases may be slightly hazardous. Polyester resins give off styrene vapour which in countries such as Great Britain is subject to a legal upper limit. In most coating applications in the open air the hazard from vapours will be slight but great care is required when working in confined spaces.

Individual resin manufacturers and formulators, national trade associations [33] and the technical literature [15] [22] provide comprehensive guides on the safe handling and use of resins and these should be read and understood by all who use resins or specify their use.

All workmen handling resins must be provided with suitable protective gloves and clothing, face masks or visors and barrier creams. Appropriate first aid and washing facilities should be available near to the work site. Solvents should not be used to remove resin from the skin.

Additional measures are recommended when applying resin by spray. The operator should wear a hood with an independent air supply and unprotected personnel should be kept 30 m away from the spray gun.

In confined spaces all electrical equipment should be flameproof.

6. ESSAIS – CONTRÔLE DE QUALITÉ ET DE PERFORMANCE

6.1. ESSAIS EN VUE DU CHOIX DES PRODUITS

Les habitudes actuellement en vigueur concernant les modes opératoires d'essais pour matériaux à base de résines, quoique en voie d'amélioration, ne sont pas satisfaisantes. Elles sont résumées dans le rapport de M. DePuy [32] de mai 1981, de la manière suivante :

« Résumé :

Devant l'intérêt croissant suscité par l'emploi des bétons de résine dans l'industrie de la construction, la nécessité d'une normalisation des méthodes d'essais est devenue évidente. Ce besoin apparaît pour les chercheurs des laboratoires qui souhaitent comparer leurs résultats à ceux des autres laboratoires, pour les projeteurs à qui il faut des critères sûrs et normalisés, et pour les ingénieurs de l'industrie de la construction qui souhaitent utiliser ces matériaux et ont besoin de données sûres pour leurs prescriptions et leurs contrôles. Des progrès dans l'établissement d'essais normalisés sont en cours dans le monde entier, surtout en Europe, Union Soviétique et au Japon. Aux Etats-Unis, le Comité 548 de l'ACI, chargé de l'étude de l'emploi des polymères dans le béton, a commencé une étude pour déterminer quels modes opératoires déjà normalisés sont convenables pour des bétons de résine, quels essais doivent être modifiés, et quels essais doivent être mis au point ».

DePuy passe en revue soixante essais en usage au Bureau de Réclamation (USBR), dont deux seulement se présentent sous la forme d'essais ANSI/ASTM, six sont des essais ANSI/ASTM plus ou moins modifiés, huit sont des essais mis au point à l'USBR.

Tout en notant l'absence d'essais normalisés pour l'abrasion, les chocs et l'adhérence, adaptés aux applications hydrauliques, DePuy mentionne les essais d'abrasion en milieu humide mis au point aux Etats-Unis [36] et aux Pays-Bas [39]. On peut signaler aussi un essai d'abrasion français [31] utilisant un jet de sable et d'eau, et un intéressant essai d'arrachement mis au point par l'Institut du Béton d'Allemagne de l'Ouest [32], [12].

D'autres rapports sur des normes et essais figurent sous références [19], [21] à [23], et [25] à [41].

Les essais de laboratoire ont une valeur comparative dans la mesure où ils ont été exécutés dans des conditions et par des méthodes normalisées. Ils ne peuvent pas cependant représenter fidèlement les performances des résines appliquées dans les conditions du chantier. La valeur des essais de laboratoire en vue du choix des produits sera améliorée par leur normalisation et leur corrélation avec des résultats d'application in situ. Dans les conditions actuelles, de telles méthodes de choix sont certainement plus profitables à des organismes importants utilisant régulièrement des résines qu'à des utilisateurs modestes ou débutants.

6. TESTING, QUALITY CONTROL AND PERFORMANCE EVALUATION

6.1. TESTING AS AN AID TO SELECTION

The present position regarding standard test procedures for resin based materials, while improving, is not satisfactory and is well described in DePuy's paper [32] presented in May 1981 as follows :

“ Synopsis :

With the growing interest in the use of concrete polymer materials in the construction industry, the need for standardisation of test methods has become very evident. The need exists for researchers in the laboratory who wish to compare their results with those from other laboratories, for designers who need reliable and standardised design criteria and for engineers in the construction industry who wish to apply these materials to their projects and need standards for specifications and quality assurance. Progress towards the development of standard tests is being made worldwide, especially in Europe, the Soviet Union and Japan. In the U.S., ACI Committee 548, Polymers in Concrete, has begun a study to determine which existing standard test procedures are appropriate for concrete polymer materials, which tests should be modified, and which tests need to be developed”.

DePuy reviews sixteen tests in use by the Water and Power Resources Service (renamed Bureau of Reclamation (USBR) in 1981) of which only two are ANSI/ASTM tests in standard form, six are ANSI/ASTM tests modified to some extent and eight are USBR developed tests.

While noting the lack of standard tests for abrasion, impact and adhesion appropriate for hydraulic applications DePuy refers to wet abrasion tests developed in the United States [36] and Holland [39]. To these may be added a French abrasion test [31] employing a grit laden water jet and a useful pull out test developed by the West German Concrete Institute [32], [12].

Further papers on standards and tests may be found in references [19], [21] to [23] and [25] to [41].

Laboratory tests are of value in comparing specific properties but only if carried out under standard conditions and techniques. They cannot however adequately simulate the performance of the resin when applied under site conditions. The value of laboratory testing as an aid to selection will increase when such tests are standardised and correlated with subsequent performance. At present such selection procedures are more appropriate to larger organisations regularly using resins and are likely to be of less significance to the smaller or first time user of resins.

6.2. CONTRÔLES DE FABRICATION ET DE FORMULATION

Les résines sont coûteuses et on a tendance à les employer dans les cas les plus difficiles ; une organisation satisfaisante doit être mise en place pour assurer le contrôle de la qualité à la fabrication et à l'application.

On peut exiger du formulateur qu'il procède à des essais appropriés sur les matériaux avant expédition, tant sur les composants que sur le produit durci, et qu'il fournisse les certificats d'essais.

Dans l'état actuel de la technique, l'ensemble de la question des essais est une de celles qui doivent être discutées avec le formulateur et l'apporteur avant conclusion des contrats. On doit trouver un accord portant sur les essais en usine et sur chantier, et définissant les modes opératoires et le rôle de chacun.

6.3. CONTRÔLES A L'APPLICATION ET APRÈS DURCISSEMENT

Le contrôle de qualité sur chantier commence par la vérification du bon état du béton support, la bonne exécution de la préparation de surface, la température et l'humidité de la surface à recouvrir.

La qualité de la résine durcie dépend beaucoup du soin apporté au dosage et au mélange, qui doit être complet. L'utilisation de résine et de durcisseurs pigmentés facilite beaucoup le contrôle visuel d'un mélange convenable. Il est bon de contrôler avec soin le nombre des emballages livrés à l'atelier de malaxage et de ceux qui sont utilisés. En vue de la comparaison avec d'éventuels essais de laboratoires ultérieurs, il est intéressant d'appliquer des échantillons de revêtement sur des éprouvettes en béton fabriquées dans les mêmes conditions que le béton de l'ouvrage (Réf. 43). Les remarques concernant les modes opératoires, faites au paragraphe 6-2 sont aussi valables pour les essais sur chantier.

Il convient de conserver dans les rapports de fin de chantier le nombre de doses utilisées et l'emplacement de leur application, ainsi que le relevé des conditions atmosphériques au moment de l'application et pendant le durcissement, de façon à faciliter le diagnostic en cas de désordres ultérieurs.

6.4. PRINCIPALES CAUSES D'ÉCHEC

- **01** Préparation de surface insuffisante (Annexe B, 34, 48)
- **02** Dosage imprécis, mélange incomplet (Annexe B, 4)
- **03** Mauvaise application de la résine sur le béton, ou omission de la couche de primaire alors qu'elle était nécessaire (Annexe B, 51)
- **04** Conditions météorologiques difficiles, non prévues dans les spécifications, ou l'application hivernale d'une résine formulée pour l'été – ou l'inverse –, conduisant à des difficultés dans l'application (Annexe B, 51)

6.2. TESTING DURING MANUFACTURE AND FORMULATION

Resins are expensive and tend to be employed in the more demanding situations and a satisfactory system of quality control is necessary during manufacture and application.

The formulator can be required to carry out appropriate tests on materials before despatch either on individual components or on the hardened product and produce test certificates.

The whole matter of testing is one which in the present state of the art should be discussed and agreed with the formulator and applicator before contracts are placed and should cover both Factory and Site testing and the techniques and conditions under which the tests are to be made and by whom.

6.3. TESTING DURING APPLICATION AND AFTER HARDENING

Site quality control begins with tests on the soundness of the concrete substrate, the adequacy of the surface preparation and the temperature and moisture content of the surface to be covered.

The quality of hardened resin will depend largely on accurate batching and complete mixing. The use of pigmented resins and hardeners aids the visual check of thorough mixing. A careful check should be made of the number of containers delivered to the mixing site and of those used. Sample coatings applied to test pieces of concrete prepared as for the main structure can assist in subsequent laboratory testing [43]. The comments on test procedures in Section 6.2 apply equally to testing at the site.

Records should be maintained of material batch numbers and the location of their use on site together with a record of weather conditions during application and curing periods to assist diagnosis of any subsequent poor performance.

6.4. PRINCIPAL CAUSES OF POOR PERFORMANCE

- **01** Poor surface preparation (Items 34, 48)
- **02** Inaccurate proportioning and incomplete mixing (Item 4)
- **03** Inadequate working of the coating to the concrete surface or the omission of a priming coat where one is necessary (Item 51)
- **04** Adverse weather conditions not anticipated at the time of specification or winter application of a resin formulated for summer use or vice versa leading to problems in application (Item 51)

- **05** Présence d'eau sous pression derrière le revêtement, éventuellement d'origine capillaire, conduisant à des décollements locaux et à la formation de cloques remplies d'eau (Annexe B, 4, 13, 14, 17, 22).
- **06** Attaque par les cycles de gel-dégel sur du béton saturé derrière le revêtement
- **07** Formulation de la résine inadaptée (Annexe B, 51)
- **08** Application sur des fissures ou des joints actifs sans prendre les précautions nécessaires (Annexe B, 23, 27)
- **09** Attente excessive entre les couches successives d'un revêtement à plusieurs épaisseurs ayant entraîné une mauvaise liaison (Annexe B, 5, 7, 46).

En réciproque, si on évite ces erreurs, on a de bien meilleures chances pour que l'application d'un revêtement de résine soit un succès.

- **05** Water pressure behind coatings possibly from pinholes leading to local loss of bond and the formation of water filled blisters. (Items 4, 13, 14, 17, 22)
- **06** Freeze/thaw damage due to concrete substrate becoming saturated and freezing.
- **07** Use of inappropriate resin formulation (Item 51)
- **08** Application over active cracks or movement joints without adequate precautions (Items 23, 27)
- **09** Incorrect interval between coats of multi-coat system resulting in poor adhesion (Items 5, 7, 46)

Conversely the avoidance of these factors will contribute significantly to successful resin facings.

7. DONNÉES D'EXPÉRIENCES DANS L'UTILISATION DES RÉSINES

7.1. EXEMPLES-TYPES

Quelques exemples d'utilisation de revêtements de résine sur des barrages, tirés de la liste de l'annexe , donnent des indications sur la répartition géographique, la gamme des types de résine, et la variété des buts recherchés, telles qu'elles ressortent des rapports reçus des différents Comités Nationaux.

- a) Sur l'aménagement de Vanttauskoski Hydro, dans le nord de la Finlande, une surface de 250 m² sur un déversoir, endommagée par le feu pendant la construction, a été réparée de façon satisfaisante avec un revêtement de mortier à la résine époxy de 7 à 12 mm d'épaisseur (Annexe B, 12).
- b) En Suède, des essais en vraie grandeur avec une résine époxy, du néoprène, et un système mixte néoprène + époxy, sur l'ancien barrage de Suorva (maintenant noyé) a donné des informations intéressantes [2] sur leurs performances dans des conditions météorologiques sévères (Annexe B, 40).
- c) En Inde, 12 000 m² de surfaces métalliques et de béton, sur la prise d'eau de l'aménagement de la Yamuna, ont été recouverts de 0,5 à 1 mm d'un produit à deux composants à base de néoprène, constituant une protection contre l'abrasion (Annexe B, 24).
- d) En France, 2 100 m² sur le parement amont du barrage de La Girotte en Savoie à 1 750 m d'altitude ont été étanchés avec du polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) appliqué en 4 couches. Au bout de 3 ans, on signalait de petites cloques pleines d'eau et après 8 années supplémentaires, les décollements rendaient nécessaire le remplacement du revêtement (Annexe B, 14).
- e) Les parements amont de 2 voûtes du barrage à voûtes multiples de Calacuccia en Corse ont été étanchés avec un revêtement en brai-polyuréthane appliqué à la truelle. Son épaisseur est de 2 mm, le béton avait préalablement reçu un primaire passé à la brosse. On a éprouvé des difficultés pour appliquer le primaire sur les anfractuosités de la surface du béton (bulles au bétonnage), et de nombreuses cloques se sont formées. Les réparations ultérieures, qui ont mis en œuvre deux couches de primaire, ont donné satisfaction (Annexe B, 13).
- f) Au barrage-voûte de Lanau en France, des fissures et des joints de reprise ont été étanchés au mastic de polysulfure, après quoi le parement amont a été étanché avec un revêtement à base de polyuréthane en 2 couches sur primaire. L'état du revêtement était satisfaisant après 3 ans de service (Annexe B, 16).
- g) De nombreux exemples d'application de brai-époxy sont signalés :
Aux États-Unis, de nombreuses portes d'écluses ont été revêtues avec succès de revêtements appliqués au pistolet sur primaires passés à la brosse (Annexe B, 47).

7. REPORTED EXPERIENCES IN THE USE OF RESIN FACINGS

7.1. TYPICAL EXAMPLES

Some examples of the use of resin facings on dams extracted from those listed in Appendix B give an indication of the wide geographical spread, the range of resin types and the variety of purposes reported in the use of resin coatings by the National Committees.

- a) At Vanttauskoski Hydro Scheme in North Finland an area of 250 m² of spillway surface, damaged by fire during construction, was satisfactorily repaired with an epoxy resin/sand coating with a thickness of between 7 and 12 mm (Item 12).
- b) In Sweden full scale trials with epoxy resin, neoprene coatings and a combined neoprene and epoxy system at the former Suorva Dam (now inundated) gave valuable information [2] on their performance in severe weather conditions (Item 40).
- c) In India, 12 000 m² of concrete and steel surfaces in the Intake Works of the Yamuna Hydro Scheme were coated to a thickness of between 0.5 and 1.0 mm with a two part neoprene product for abrasion protection. (Item 24)
- d) In France, 2 100 m² of the upstream face of the La Girotte Dam in Savoy at an elevation of 1 750 m were waterproofed with a chlorosulphonated polyethylene (Hypalon) spray applied in four coats. After three years small water blisters were noticed and after eight years further loss of adhesion necessitated recoating. (Item 14)
- e) The upstream face of two arches of the multiple arch Calacuccia Dam in Corsica was waterproofed with a polyurethane pitch resin trowel applied over a brushed-on primer to a thickness of 2 mm. Difficulty was reported in priming over blowholes and many blisters formed. Subsequent repair using two coats of primer gave satisfactory service. (Item 13).
- f) At the Lanau Dam in France cracks and joints were sealed with a polysulphide sealant before 3 500 m² of a thin arch were waterproofed with a primer and two coats of a polyurethane resin. The coating was satisfactory after three years' service. (Item 16)
- g) A number of examples of coal tar modified epoxy resins have been reported :
In the U.S.A. steel gates at several navigational lock structures have been successfully coated using brush applied primer and sprayed coatings. (Item 47)

En France, les radiers de 3 barrages de basse chute ont été revêtus de mortier à liant de brai-époxy, chargé de granulats spécialement durs, posé à la truelle sur un primaire appliqué à la brosse. La Compagnie Nationale du Rhône a mis au point ses propres essais d'abrasion [31] pour apprécier la valeur des mortiers de résine (Annexe B, 18, 20).

- h) Le barrage « Delle Piazze » en Italie, à 1 030 m d'altitude a été recouvert de résines polyesters renforcées de fibres de verre, appliquées en 2 couches, dans le but de remédier à une dégradation de la surface. Ce revêtement enjambait les joints de dilatation, lesquels étaient pourvus de lames d'étanchéité en cuivre. Au bout de 2 ans, le revêtement était intact, mais des défauts de liaison étaient apparus par suite du développement de contraintes à la surface de liaison (Annexe B, 29).
- j) Les bajoyers de l'écluse du barrage « Monumental Inférieur » aux États-Unis, d'une hauteur de 31,40 m et présentant une surface de 14 000 m², ont été endommagés par l'action du gel et du dégel. Ils ont été revêtus en 2 semaines d'un mortier de ciment projeté, renforcé de résine en émulsion. Ce revêtement s'est bien comporté en exploitation (Annexe B, 56).

Enfin,

- k) Trois très intéressantes séries d'application expérimentales de revêtements à base de résine ont été réalisées par l'USBR au déversoir du barrage de Shadow Mountain dans le Colorado.

Dans la première série, 4 mortiers de résine, un époxy acrylique, deux mortiers d'époxy pour surface humide et un mortier d'époxy-polysulfure associé à une couche d'étanchéité en époxy acrylique, furent comparés à des essais d'exposition de plus de 2 ans; c'est l'époxy acrylique qui s'est le mieux comporté (Annexe B, 50 a-e).

Dans la deuxième série, neuf revêtements minces furent appliqués avec des conditions atmosphériques volontairement défavorables, sur du béton attaqué par les cycles gel-dégel, sur 32 panneaux d'essais. La durée de l'essai – 2 ans – était courte, mais la plupart des revêtements ont été décevants, en raison d'une mauvaise adaptation aux conditions locales ou de l'humidité qui régnait au moment de l'application (Annexe B, 51).

Le troisième essai consistait en l'application d'un revêtement en mortier d'époxy acrylique, appliqué avec une répanduse-finisserie pour béton ordinaire. L'essai a montré que cette technique était parfaitement utilisable, bien qu'on ait constaté quelques fissures et une certaine désquamation (Annexe B, 52).

7.2. UTILISATION AYANT FAIT L'OBJET DE RAPPORTS

Tous les exemples d'utilisation de résines synthétiques pour des revêtements de barrages ayant fait l'objet de rapports des Comités Nationaux figurent dans l'Annexe B.

7.3. EXEMPLES PUBLIÉS

Les publications décrivant l'application de revêtement de résine sur des barrages ou ouvrages hydrauliques, autres que celles des Comités Nationaux, font l'objet de la liste de références, série (e), numéros [42] à [51].

In France, the sills of three river barrages were coated with a coal tar epoxy resin mortar containing special hard fine aggregate trowel applied over a brushed primer. The authority Compagnie Nationale du Rhône developed its own abrasion test [31] for assessing resin mortars. (Items 18 to 20)

- h) The Delle Piazze Dam in Italy at a height of 1 030 m a.s.l. was coated with a glass fibre reinforced polyester resin in two coats to improve a deteriorating surface. This facing was carried over expansion joints which contained a deformed copper sealing strip. After two years the facing was still intact but some loss of bond had occurred due to stresses at the interface. (Item 29)

- j) The navigation lock walls of the Lower Monumental Lock and Dam in the United States, damaged by freeze/thaw action, having a height of 31.40 m and an area of 14 000 m² were faced in a period of three weeks with a sprayed-on latex modified cement mortar. In service the facing has performed well. (Item 56)

Finally,

- k) Three very interesting series of experimental applications of resin facings and coatings were carried out by the U.S. Bureau of Reclamation at Shadow Mountain Dam Spillway, Colorado.

In the first four resin mortars, a vinyl ester, two wet curing epoxy mortars and a polysulphide epoxy mortar together with a vinyl ester coating were compared for exposure trials over 2 years, the vinyl ester mortar performing best. (Items 50 a-e).

In the second series nine thin coatings were applied under deliberately adverse weather conditions over a freeze/thaw damaged concrete in a variety of combinations on 32 test panels. The test duration of two years was short but most coatings had poor performance due to unsuitability to the exposure and application in wet conditions. (Item 51).

The third test was of a vinyl ester mortar facing laid with a normal concrete paving and finishing machine. The technique was proved to be feasible although fine cracks and some delamination occurred. (Item 52).

7.2. REPORTED USES

All examples of uses of synthetic resins for facings of dams reported by National Committees are set out in Appendix 'B'.

7.3. PUBLISHED EXAMPLES

Published papers describing the application of resin facings on dams and hydraulic structures additional to those reported by National Committees are noted in Reference Section (e) references [42] to [51].

8. PROGRÈS ET PERSPECTIVES

8.1. SUGGESTIONS POUR DES PROGRÈS DANS L'UTILISATION DES RÉSINES

- **01** Les résines doivent pouvoir être livrées dans des emballages de différentes dimensions, adaptés à l'échelle des différents chantiers, notamment ceux de petite et moyenne importance.
- **02** Pour les résines à durée de stockage limitée, les emballages doivent mentionner clairement une date limite d'emploi.
- **03** Dans les systèmes de résines à 2 composants, ces derniers doivent être de couleurs différentes pour faciliter le contrôle visuel du mélange, et les emballages doivent être conçus pour être vidés complètement sans difficulté.
- **04** Lorsque les charges sont livrées séparément des résines, elles doivent être préparées sous emballage pré-dosé, en vue du mélange sur chantier avec la résine approvisionnée selon la recommandation 8-1 01 ci-dessus.
- **05** Mise au point de formulations adaptées à l'humidité des chantiers.
- **06** Mise au point de formulations moins sensibles à l'imprécision dans les dosages.
- **07** Mise au point de formulations qui faciliteraient l'application.
- **08** Mise au point de spécifications concernant des performances normalisées, en fonction des différents usages principaux et de la sévérité des exigences requises, comme certains pays l'ont fait pour des joints d'étanchéité par exemple.
Cela devrait permettre aux formulateurs de proposer des produits adaptés aux besoins des Ingénieurs. Le formulateur resterait libre d'ajuster le détail de ses compositions et de proposer des formulations spéciales pour les cas particuliers sortant des normes.
- **09** Mise au point d'une terminologie normalisée, d'essais et de modes opératoires d'essais, au plan national comme au plan international.
- **10** Recueil de données précises concernant des applications, en vue de déterminer si les coûts sont bien appropriés au service rendu, dans la plus grande variété de situations possible.

8.2. PERSPECTIVES FUTURES

Les résines synthétiques actuellement employées le plus couramment, étant fabriquées à partir du pétrole, resteront vraisemblablement coûteuses; dans la construc-

8. IMPROVEMENTS AND PROSPECTS

8.1. SUGGESTIONS FOR IMPROVEMENT IN THE USE OF RESINS

- **01** Resins should be supplied in weighed containers covering a useful range of sizes for small to medium scale jobs.
- **02** For resins with limited storage life containers should be date stamped to show the latest safe date for use.
- **03** Two part resin systems should be made up in contrasting colours to assist visual inspection of mixing and be supplied in containers so shaped as to facilitate complete emptying of contents.
- **04** Where fillers can settle out in resins these should be supplied in separate weighed packages for site mixing with the resin supplied as in 8.1.01.
- **05** Development of formulations specifically designed to tolerate the damp conditions of construction sites.
- **06** Development of formulations with a greater tolerance in the accuracy of the hardener proportions.
- **07** Development of formulations which will allow simpler application techniques.
- **08** Development of standard performance specifications according to principal types of use and severity of duty as has been adopted in some countries for materials such as joint sealants.

This would permit formulators to offer their products against performance specifications recognised by specifying engineers. The formulator would remain free to adjust the detailed composition and to submit special formulations for the non-standard application.
- **09** Development of acceptable standard terminology, tests and test procedures, both nationally and internationally.
- **10** Accurate recording of applications to determine the cost-effectiveness in various situations against performance in service.

8.2. FUTURE PROSPECTS

The synthetic resins most commonly used to date, being based on oil derivatives, are likely to remain expensive and will not replace conventional construction materials

tion des barrages, elles ne remplaceront pas les matériaux traditionnels là où ces derniers donnent satisfaction. La découverte de résines moins chères semble une direction de recherche probable.

Le rôle futur dévolu aux résines synthétiques en tant que revêtement résidera sans doute dans la poursuite de leur rôle actuel d'étanchéité, de protection et de réparation d'ouvrages en service, plus rarement d'ouvrages neufs. Leur utilisation sur des ouvrages neufs se limitera probablement aux organes où l'expérience a montré qu'un état de surface de béton normal présentait des performances insuffisantes. C'est le cas des ouvrages exposés à l'abrasion ou à l'attaque des eaux agressives, et où on ne dispose pas de facilité d'application ultérieure d'un revêtement moins durable.

Si les résultats prometteurs, obtenus actuellement avec des bétons et mortiers à liant mixte, se confirment, l'utilisation de ces matériaux sera sans nul doute appelée à un certain développement. Leurs avantages sur les mortiers de résine résident dans des coûts de fourniture et de mise en œuvre inférieurs, et dans leurs méthodes d'application, plus traditionnelles et plus rapides.

Il semble probable aussi que l'utilisation de résines sous la forme d'imprégnation de béton durci au moyen de monomères à polymérisation différée puisse constituer une autre méthode, encore coûteuse cependant, pour améliorer la surface des bétons de barrage. Bien que prometteuse, cette technique sort du sujet du présent rapport.

Une intéressante prospection est évoquée par Selander [46] pour l'isolation des barrages voûtes minces en vue de les soustraire aux chocs thermiques.

Cette étude faite par le Bureau de Réclamation aux États-Unis associe plusieurs techniques mettant des résines en œuvre : le procédé consiste à recouvrir le parement amont d'une isolation en polystyrène emballée dans un béton d'époxy acrylique, et le parement aval d'un béton léger à granulats de polystyrène. En 1980, ce travail en était à des essais à grande échelle et à la mise sur pied d'une application sur un petit barrage si les résultats le justifiaient.

C'est peut-être par des techniques nouvelles comme celle-ci, ou comme l'utilisation de panneaux préfabriqués de revêtements construits avec des résines furaniques, signalés par l'URSS [47] qu'on pourrait développer à son maximum l'utilisation des résines synthétiques dans des revêtements pour les barrages.

where these will satisfactorily meet performance specifications in dam construction. The search for less expensive resins seems a likely development.

The future role for synthetic resins as facings for dams seems likely to be a continuation of their present role of waterproofing, protection and repair on existing structures and less frequently on new structures. Their use on new structures is likely to be restricted to those works where previous experience indicates that a higher grade surface than normal concrete is necessary. Such cases are structures subject to abrasion or to attack by aggressive water and where the opportunity for recoating with less durable materials will not readily be available.

The promising results obtained to date with polymer modified portland cement concretes and mortars (PPCC), if maintained, are likely to result in an increased use of these materials. They have advantages over resin mortars in material and labour costs and their more conventional and rapid application methods.

It seems probable also that the associated use of synthetic resins in the form of impregnation of hardened concrete with monomers later converted by polymerisation (PIC) may offer an alternative, but still expensive, method of upgrading the surfaces of dams. Although promising results have been recorded this technique is outwith the scope of this report.

An interesting development project is reported by Selander [46] into the insulation of thin arch dams with a view to limiting temperature stresses.

This work by the Bureau of Reclamation in the United States combines several resin techniques to cover the upstream face with polystyrene insulation encased in a vinyl ester concrete and the downstream face with lightweight polystyrene aggregate concrete. The work by 1980 had progressed to large scale model tests with a prospect of a small prototype dam if results justify it.

It is perhaps through innovative techniques such as this and the use of precast furan resin facing panels reported from USSR [47] that the full potential for the use of synthetic resins as facings for dams will be realised.

REFERENCES

a) RAPPORTS PRÉSENTÉS AUX CONGRÈS DE LA CIGB

Istanbul, 1967, Q. 34

- [1] **R. 19** – CABANIOLS P., TAILLEBOT A., CAPPONI P., CAMBEFORT H., MAYER A., (France). – Entretien et réparation des barrages.
- [2] **R. 21** – SÄLLSTRÖM S., (Suède). – Enduits plastiques utilisés pour étancher un ancien barrage en béton.
- [3] **R. 22** – FRISTRÖM G., SÄLLSTRÖM S., (Suède). – Contrôle et réparation des ouvrages en béton dans les barrages existants, en Suède.
- [4] **R. 29** – GRÖNER C.F., (Norvège). – Utilisation de membranes synthétiques pour la protection et la réparation de barrages en béton.

Montréal, 1970, Q. 38

- [5] **R. 18** – GIANCOTTI A., (Italie). – Investigations et travaux de réfection relatifs à un vieux barrage voûte.

Montréal, 1970, Q. 39

- [6] **R. 12** – BELLPORT B.P., (Etats-Unis). – Contrôle et réparation des fissures dans les barrages en béton.
- [7] **R. 31** – MURTI N.G.K., MANE P.M., DEUSKAR V.R., (Inde). – Le séisme de Koyna. Mesures pour remédier à la fissuration du barrage.

Mexico, 1976, Q. 45

- [8] **R. 20** – PLICHON, BALDY, COMBELLES, LEBRETON, LE MAY, LONDE, MATHALY, TAYLOR, THEROND, WONG, (France). – infiltrations dans les barrages d'Electricité de France (EDF). Constatations, interprétations et traitement.

Delhi, 1979, Q. 49

- [9] **R. 23** – FAUROUX, CORDA, HUYNH, LOUDIÈRE, (France). – Réparation et entretien des barrages entraînés par le vieillissement ou un accident.
- [10] **R. 36** – SOKOLOV I.B., ROSANOV N.S., KHRAPKOV A.A., SEVASTIANOV V.I., SERKOV V.S. (URSS). – Ruptures et accidents aux barrages et recherches sur leur sécurité.

REFERENCES

a) PAPERS PRESENTED AT ICOLD CONGRESSES

Istanbul, 1967, Q34

- [1] **R. 19** – CABANIOLS P., TAILLEBOT A., CAPPONI P., CAMBEFORT H., MAYER A., (France). – Repair and Maintenance of Dams.
- [2] **R. 21** – SÄLLSTRÖM S., (Sweden). – Plastic coatings used for sealing old concrete dam.
- [3] **R. 22** – FRISTRÖM G., SÄLLSTRÖM S., (Sweden). – Control and maintenance of concrete structures in existing dams in Sweden.
- [4] **R. 29** – GRÖNER C.F., (Norway). – The application of plastic membranes for the protection and repair of concrete dams.

Montreal, 1970, Q. 38

- [5] **R. 18** – GIANCOTTI A., (Italy). – Experimental investigations concerning the conditions of consistence and works for restoring the operation of an ancient arch dam.

Montreal, 1970, Q. 39

- [6] **R. 12** – BELLPORT B.P., (United States). – Control and repair of cracks in concrete dams.
- [7] **R. 31** – MURTI N.G.K., MANE P.M., DEUSKAR V.R., (India). – Koyna earthquake, remedial measures to cracks in dam.

Mexico, 1976, Q. 45

- [8] **R. 20** – PLICHON, BALDY, COMBELLES, LEBRETON, LE MAY, LONDE, MATHALY, TAYLOR, THEROND, WONG, (France). – Seepage through Electricité de France dams - case histories interpretation and remedies.

Delhi, 1979, Q. 49

- [9] **R. 23** – FAUROUX, CORDA, HUYNH, LOUDIÈRE, (France). – Repair and maintenance of dams in consequence of ageing or accident.
- [10] **R. 36** – SOKOLOV I.B., ROSANOV N.S., KHRAPKOV A.A., SEVASTIANOV V.I., SERKOV V.S. (URSS). – Failures and incidents in dams and researches on their safety.

b) AUTRES CONGRÈS ET CONFÉRENCES

Congrès international sur les polymères et le béton

- [11] Premier Congrès, 1975 : « Construction Press », Lancaster, Grande-Bretagne, 1976.
- [12] Deuxième Congrès, 1978 : « College of Ing. », Université du Texas, Austin, Texas, Etats-Unis (1979).
- [13] Troisième Congrès, 1981 : Koriyama, Japon.

Polymères et béton : Symposiums Internationaux de l'« American Concrete Institute » (ACI = Institut Américain du Béton).

- [14] 1972-1973 : Publication SP 40, 1973
 - [15] 1976 : Publication SP 58, 1978
 - [16] 1980 : à publier.
- « American Concrete Institute », Detroit, Etats-Unis.

Comptes rendus des SYMPOSIUMS de la RILEM sur les résines synthétiques employées dans la construction.

- [17] 1967
- [18] 1971 (Paris).

c) RAPPORTS GÉNÉRAUX ET GUIDES POUR L'UTILISATION DE REVÊTEMENTS EN RÉSINES ET POLYMÈRES

- [19] COMITÉ 515 de l'ACI. – *Un guide pour l'emploi de systèmes d'étanchéité et de protection contre l'humidité, décoratifs, pour le béton.* Rapport ACI 515 IR 79 de l'American Concrete Institute, Détroit, Etats-Unis.
- [20] COMITÉ 548 de l'ACI. – *Polymères et béton : l'état de la technique en 1977* ACI, Detroit, Etats-Unis.
- [21] « BUREAU OF RECLAMATION ». – *Spécifications normalisées pour la réparation du béton*, avril 1981 « Bureau of Reclamation », Denver, Colorado, Etats-Unis.
- [22] « CORPS OF ENGINEERS », Etats-Unis. – *Rapport Technique C. 71.1* : Contrôle des applications de résines époxy dans les travaux de génie civil – C.F. Derrington et L. Pepper, avec annexe. Recommandations pour l'utilisation de formulations à base de résines époxy avec du béton – juillet 1971 – « Waterways Experimental Station » (Laboratoire de Navigation Intérieure), Vicksburg, Mississippi 39180 (Etats-Unis).
- [23] « CORPS OF ENGINEERS », Etats-Unis. – *Rapport Technique C. 78.4* : Entretien et protection des ouvrages en béton : Rapport n° 2 : réparation d'ouvrages endommagés par l'érosion, J.E. McDonald, avril 1980. Rapport n° 3 : Résistance du béton à l'abrasion et à l'érosion, T.C. Liu, juillet 1980. « Waterways Experimental Station » Vicksburg, Mississippi, 39180 Etats-Unis.

b) OTHER CONFERENCES AND CONGRESSES

International Congress on Polymers in concrete

- [11] 1st Congress 1975 : Construction Press, Lancaster, Great Britain 1976.
- [12] 2nd Congress 1978 : College of Eng., Univ. of Texas, Austin, Texas USA 1979.
- [13] 3rd Congress 1981 : Koriyama, Japan.

Polymers in concrete : International Symposia American Concrete Institute.

- [14] 1972-1973 : Publication SP 40, 1973
 - [15] 1976 : Publication SP 58, 1978
 - [16] 1980 : To be published
- American Concrete Institute, Detroit, USA

Proc. RILEM SYMPOSIA on Synthetic Resins in Building Construction.

- [17] 1967
- [18] 1971 (Paris).

c) GENERAL REPORTS AND GUIDES ON THE USE OF RESIN AND POLYMER FACINGS

- [19] ACI COMMITTEE 515. – *A guide to the use of waterproofing, damp proofing, protective and decorative barrier systems for concrete.* Report ACI 515 IR 79 American Concrete Institute, Detroit, USA.
- [20] ACI COMMITTEE 548. – *Polymers in Concrete : A state of the art review, 1977* American Concrete Institute, Detroit, USA.
- [21] BUREAU OF RECLAMATION. – *Standard specifications for repair of concrete*, April 1981 Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, USA.
- [22] CORPS OF ENGINEERS USA. – *Technical Report C.71.1* : Survey of applications of epoxy resins for civil works projects. – C.F. Derrington and L. Pepper with appendix. Recommended practice for use of epoxy resin formulations with concrete. July 1971. Waterways Experimental Station, Vicksburg, Mississippi 39180 USA.
- [23] CORPS OF ENGINEERS USA. – *Technical Report C. 78.4* : Maintenance and preservation of concrete structures : Report No. 2 : Repair of erosion damaged structures J.E. McDonald, April 1980. Report No. 3 : Abrasion and erosion resistance of concrete T.C. Liu, July 1980. Waterways Experimental Station, Vicksburg, Miss. 39180 USA.

- [24] FOWLER L.J. et PAUL D.R. – *Etat de développement des bétons de polymères aux Etats-Unis*. 3^e Congrès International sur les polymères et le béton, Japon, 1981, rapport n° 1-2.
- [25] TABOR L.J. – *Utilisation de résines époxy et polyester dans les ouvrages de génie civil*. Rapport CIRIA n° 69 – janvier 1978 « Construction Industry Research and Information Association » (CIRIA) 6 Storey's Gate, London SW1P 3AU, Grande-Bretagne.

Voir aussi références [27] et [38].

d) RAPPORTS CONCERNANT DES NORMES NATIONALES ET DES MODÉS OPÉRATOIRES D'ESSAIS NATIONAUX

- [26] COMITÉ 503 de l'ACI. – Normes diverses (*Journal de l'ACI* – Sept. 1978, etc...) « American Concrete Institute », Detroit, Etats-Unis.
- [27] COMITÉ 503 de l'ACI. – Utilisation de composés d'époxy avec du béton. *Journal de l'ACI*, sept. 1973, 614 à 645.
- [28] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM. – Société Américaine pour les essais et les matériaux). – Normes diverses : se reporter aux publications annuelles des normes ASTM, ASTM, Philadelphie, Etats-Unis.
- [29] BRITISH STANDARDS INSTITUTION (Institution de Normalisation Britannique). – BS 2782 Pts 1-10. Méthodes d'essai des plastiques, BS 3532, BS 3534 et normes diverses. Se reporter aux publications annuelles pour la liste complète. British Standards Institution, 101 Pentonville Road, London N1 9 ND, Grande-Bretagne.
- [30] CIBA-GEIGY. – *Guide pour les essais de colles et mortiers à base d'époxy-araldite*.
- [31] COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE. – *Rapport interne sur des essais de résistance à l'abrasion, au moyen d'un jet d'eau et de silice*. Compagnie Nationale du Rhône, Laboratoire de sols et bétons, France.
- [32] DEPUY, G.W. (Bureau de Réclamation, Etats-Unis). – Normalisation d'essais pour bétons de polymères. 3^e Congrès International sur les Polymères et le Béton, Japon, 1981, Rapport 1.9.
- [33] FERFA. – *Précautions de sécurité pour les utilisateurs de résines époxy – Méthodes d'essai normalisées pour essais de : n° 1 : flexion; n° 2 : compression; n° 3 : dilatation thermique; n° 4 : tension-allongement; n° 5 : module de déformation en traction*. « Fédération of Resin Formulators and Applicators Ltd » (Fédération des formulateurs et applicateurs de résine), 2A High Street, Hythe, Southampton, Hants S04 6YW, Grande-Bretagne.
- [34] KREIGH et NORBY. – *Méthodes d'essais pour colles à béton à base d'époxy*. ACI : SP21 1968. ACI., Détroit, Etats-Unis.
- [35] KREIGH J.D. – Essai de cisaillement biais « Arizona » : une méthode pour mesurer la résistance des colles à base d'époxy. *Journal de l'ACI*, juillet 1976, 372, 373.
- [36] LIU T.C. – *Entretien des ouvrages en béton*, Rapport n° 3. Résistance du béton à l'érosion et à l'abrasion. Laboratoire de Navigation Intérieure de l'Armée (U.S. Army Waterways Experimental Station). Rapport technique C78-4, juillet 1980 (Essais d'abrasion).

- [24] FOWLER L.J. and PAUL D.R. – *Status of Concrete-Polymer Materials in the United States* 3rd Int. Congress on Polymers in Concrete Japan, 1981, Paper 1.2.
- [25] TABOR L.J. – *Effective use of epoxy and polyester resins in civil engineering structures*. CIRIA Report No. 69. Jan. 1978. The Construction Industry Research and Information Association (CIRIA) 6 Storey's Gate, London SW1P 3AU, Great Britain.

Also references [27] and [38].

d) PAPERS RELATING TO NATIONAL STANDARDS AND TEST PROCEDURES

- [26] ACI COMMITTEE 503. – Various standards (*J. Amer. Concr. Inst.* Sept. 1978, etc...) American Concrete Institute, Detroit, USA.
- [27] ACI COMMITTEE 503. – Use of epoxy compounds with concrete. *J. Amer. Concr. Inst.* Sept. 1973, 614 to 645.
- [28] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. – Various standards : refer to Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials, Philadelphia USA.
- [29] BRITISH STANDARDS INSTITUTION. – BS 2782 Pts 1-10. Methods of testing plastics : BS 3532, BS 3534 and various standards; refer to current Year Book for complete list. British Standards Institution, 101 Pentonville Road, London N1 9 ND.
- [30] CIBA-GEIGY. – *Guidelines for testing Araldite epoxy resin based structural adhesives and mortars*.
- [31] COMPAGNIE DU RHÔNE. – *Internal report on abrasion resistance test using water jet and silica sand*. Compagnie du Rhône, Soils and Concrete Laboratory, France.
- [32] DEPUY, G.W. (U.S. Bureau of Reclamation). – Standardisation of tests for concrete polymer products *3rd International Congress on Polymers in Concrete*, Japan, 1981, Paper 1.9.
- [33] FERFA. – *Safety precautions for users of epoxy resin formulations – Standard test methods* No. 1 : Flexural; No. 2 : Compressive; No. 3 : Thermal expansion; No. 4 : Tensile and elongation; No. 5 : Elastic modulus in tension. Federation of Resin Formulators and Applicators Ltd., 2A High Street, Hythe, Southampton, Hants SO4 6YW, Great Britain.
- [34] KREIGH and NORBY. – *Methods of evaluation of epoxy compounds for bonding concrete*. ACI : SP21 1968. American Concrete Institute, Detroit, USA.
- [35] KREIGH J.D. – Arizona slant shear test : a method to determine epoxy bond strength. *J. American Concrete Institute*, July 1976, 372, 373.
- [36] LIU T.C. – *Maintenance and preservation of concrete structures*, Report No. 3. Abrasion-Erosion resistance of concrete. U.S. Army Waterways Experimental Station. Tech. Report C78-4, July 1980 (Abrasion Test).

- [37] LIU T.C. et HUSBANDS T.B. – Résistance des bétons de polymères à l'abrasion et à l'érosion. *3^e Congrès International sur les polymères et le béton*, Japon, 1981 (appareillage d'essai).
- [38] OKADA K. et OHAMA Y. – Etat de développement des composés béton-polymère au Japon. *3^e Congrès International sur les polymères et le béton*, Japon, 1981, Rapport 1-1.
- [39] PAT M.G.M. et REINHARDT H.W. – (Essais d'abrasion) – *Erosion du béton* – Heron Volume 24 n° 3 – 1979 – Université de Technologie de Delft.
- [40] TABOR L.J. – Les essais sur les systèmes à base de résine pour la réparation du béton. « *Magazine of Concrete Research* » (Magazine de la Recherche sur le Béton) – Décembre 1978, Volume 30, n° 105, 221 à 225.
- [41] WANG YOUYAN. – Bétons de polymères en Chine – Recherches et Applications. *3^e Congrès International sur les polymères et le béton*, Japon, 1981, Rapport 1-4.
- Voir aussi références [19], [23] et [45].

e) RAPPORTS DÉCRIVANT DES EXEMPLES DE REVÊTEMENTS DE RÉSINES SUR DES BARRAGES

- [42] DEMURA K. *et al.* – Essais *in situ* de béton de polyester pour la protection d'un bassin de tranquillisation dans un aménagement hydroélectrique (Japon). *3^e Congrès International sur les polymères et le béton*, Japon, 1981, Rapport 3-20.
- [43] DIKEOU J.T. et SCHRADER E.K. – Revêtements en mortier de polymère armé de fibres de verre en protection d'un bajoyer d'écluse. *3^e Congrès International sur les polymères et le béton*, Japon, 1981, Rapport 2-16.
- [44] LIN BAOYU *et al.* (Chine). – Etude et application d'un mortier mixte ciment-polyacrylate en émulsion. *3^e Congrès International sur les polymères et le béton*, Japon, 1981.
- [45] SAXENA P.C. *et al.* – Application de résines époxy sur des ouvrages en béton et autres matériaux en Inde. *3^e Congrès International sur les polymères et le béton*, Japon, 1981 (10 applications à des barrages).
- [46] SELANDER C.E. (Bureau de Réclamation). – Application récente de polymères associés à du béton. *3^e Congrès International sur les polymères et le béton*, Japon, 1981, Rapport 1-9.
- [47] YELSHIN I.M. – Béton de polymères dans les ouvrages hydrauliques (URSS) *3^e Congrès International sur les polymères et le béton*, Japon, 1981, Rapport 3-18.
- [48] RAPPORT DE L'ENEL SUR LE BARRAGE DU CORFINO. – (Annexe B : n° 26). ENEL - Torino « *Relazione n° 590* » – 1971. Diga di Sasso Centurino – Lavori di risanamento eseguiti nell'autunno 1970. Lavori di risanamento ed impermeabilizzazione dei paramenti di monte e di valle della diga di Villacollemandina (LU) eseguiti nel 1970.
- [49] RAPPORTS DE L'ENEL SUR LE BARRAGE DE CIGNANA. – (Annexe B : n° 27). ENEL - CPCIE Torino « *Relazione n° 908* » – 1975. Sistemazione del paramento di monte della diga di Cignana – Applicazione di resine epossidiche a scopo sperimentale su due conci della diga. – ENEL – CPCIE Torino – « *Relazione n° 26320* » Diga di Cignana (barrage de Cignana) « *Proce su materiali di eventuale impiego per il rivestimento del paramento di monte della diga* ».

- [37] LIU T.C. and HUSBANDS T.B. – Abrasion erosion resistance of polymer concrete. *3rd Int. Cong. on Polymers in Concrete*, Japan, 1981 (test apparatus).
- [38] OKADA K. and OHAMA Y. – Status of concrete-polymer composites in Japan. *3rd Int. Cong. on Polymers in Concrete*, Japan 1981, Paper 1.1.
- [39] PAT M.G.M. and REINHARDT H.W. – (abrasion testing) – *Erosion of concrete*, Heron Vol. 24 No. 3, 1979, Delft University of Technology.
- [40] TABOR L.J. – The evaluation of resin systems for concrete repair. *Magazine of Concrete Research*, Dec. 1978, Vol. 30, No. 105, 221 to 225.
- [41] WANG YOUYAN. – Research and application of polymer concrete in China : *3rd Int. Cong. on Polymers in Concrete*, Japan, 1981, Paper 1.4.
- Also references [19], [23] and [45].

e) PAPERS DESCRIBING EXAMPLES OF RESIN FACINGS ON DAMS

- [42] DEMURA K. *et al.* – Field trials of polyester concrete for protection of stilling basin at hydroelectric power station (Japan). *3rd int. Cong. Polymers in Concrete*, Japan, 1981, Paper 3.20.
- [43] DIKEOU J.T. and SCHRADER F.K. – Polymer modified glass fibre reinforced mortar coatings protecting navigational lock wall. *3rd Int. Cong. on Polymers in Concrete*, Japan, 1981, Paper 2.16.
- [44] LIN BAOYU *et al.* (China). – Studies and application of polyacrylate emulsion cement mortar. *3rd Int. Cong. on Polymers in Concrete*, Japan, 1981.
- [45] SAXENA P.C. *et al.* – Some applications of epoxy resins in concrete and other structures in India. *3rd Int. Cong. on Polymers in Concrete*, Japan, 1981 (10 applications to dams)
- [46] SELANDER C.F. (U.S. Bureau of Reclamation). – Recent application of concrete polymer materials. *3rd Int. Cong. on Polymers in Concrete*, Japan, 1981, Paper 1.9.
- [47] YEISHIN I.M. – Polymer concretes in water construction (USSR). *3rd int. Congr. on Polymers in Concrete*, Japan, 1981, Paper 3.18.
- [48] ENEL REPORT ON CORFINO DAM. – (Appendix B : n° 26). ENEL - Torino Relazione n° 590 – 1971. Impianto del Corfino. Diga di Sasso Centurino – Lavori di risanamento eseguiti nell' autunno 1971. Lavori di risanamento ed impermeabilizzazione dei paramenti di monte e di valle della diga di Villacollemandina (LU) eseguiti nel 1970.
- [49] ENEL REPORTS ON CIGNANA DAM. – (Appendix B : n° 27). ENEL - CPCIE Torino, Relazione n° 908, 1975. Sistemazione del paramento di monte della diga di Cignana – Applicazione di resine epossidiche a scopo sperimentale su due conci della diga. – ENEL – CPCIE Torino Relazione n° 26320 – Diga di Cignana. Proce su materiali di eventuale impiego per il rivestimento del paramento di monte della diga.

- [50] ENEL. – Rapport sur le barrage de Suviana. – Brasimonte (Annexe B : n° 28)
ENEL - CPCIE Torino « Relazione n° 900 » – 1975. Impianto idroelettrico di
pompageo Suviana-Brasimonte. Trattamento impermeabilizzante eseguito sul
fabricato e sui canali di scarico della centrale di Suviana.
- [51] MONTEDISON. – Rapport sur le barrage « Delle Piazze » (Annexe B : n° 29) M.
TARDANI. – Rivestimenti di bacini idroelettrici con resine poliestere rinforzate.
« *Materie Plastiche ed Elastomeri* » – Aprile 1972. Mensile dell'Industria S.r.l. –
Milano.

Voir aussi références [1], [2], [4], [5], [7] à [10].

- [50] ENEL - REPORT ON SUVIANA-BRASIMONE DAM. - (Appendix B: No. 28)
ENEL - CPCIE Torino Relazione n° 900 - 1975. Impianto idroelettrico di pompaggio Suviana-Brasimone. Trattamento impermeabilizzante eseguito sul fabricato e sui canali di scarico della centrale di Suviana.
- [51] MONTEDISON: - Report on Delle Piazze Dam (Appendix B: No. 29) M. TARDANI. - Rivestimenti di bacini idroelettrici con resine poliestere rinforzate. *Materie Plastiche ed Elastomeri* - Aprile 1972. Mensile dell'Industria S.r.l. - Milano.

Also references [1], [2], [4], [5], [7] to [10].

ANNEXE A 1

**Index et résumé des réponses au questionnaire
(Pays classés dans l'ordre alphabétique français)**

Pays	Réponses reçues	Numéros des rubriques
Australie	Quatre exemples	1 à 4
Autriche	Six exemples	5 à 10
Canada	Pas d'expérience	–
Côte d'Ivoire	Un exemple	30
Etats-Unis	Seize exemples	41 à 56
Finlande	Un exemple	12
France	Huit exemples	13 à 20
Grande-Bretagne	Trois exemples	21 à 23
Grèce	Pas d'expérience	–
Inde	Deux exemples	24-25
Irlande	Pas d'expérience	–
Italie	Quatre exemples	26 à 29
Japon	Quatre exemples	31 à 34
Nigéria	Un exemple	35
Norvège	Deux exemples	36-37
Portugal	Deux exemples	38-39
Suède	Un exemple*	40
Suisse	Pas d'expérience	–
Tchécoslovaquie	Un exemple	11
Turquie	Pas d'expérience	–

Notes : 1) * Document publié et rapport R. 21 – Q. 34 au IX^e Congrès.

2) Les exemples exclusivement consacrés à la réparation de dégâts consécutifs à l'érosion ou à la cavitation ont été exclus.

3) D'autres exemples extraits des documents publiés sont notés dans les références bibliographiques.

APPENDIX A1

Index and Summary of responses to Questionnaires

Country	Replies Received	Item Numbers
Australia	Four examples	1-4
Austria	Six examples	5-10
Canada	No experience	-
Czechoslovakia	One example	11
Finland	One example	12
France	Eight examples	13-20
Great-Britain	Three examples	21-23
Greece	No experience	-
India	Two examples	24-25
Ireland	No experience	-
Italy	Four examples	26 - 29
Ivory Coast	One example	30
Japan	Four examples	31 - 34
Nigeria	One example	35
Norway	Two examples	36-37
Portugal	Two examples	38-39
Sweden	One example*	40
Switzerland	No experience	-
Turkey	No experience	-
United States of America	Sixteen examples	41-56

Notes : 1) * Published paper and report R. 21 Q. 34 to IX Congress.

2) Examples dealing entirely with erosion or cavitation repairs have been excluded.

3) Additional examples from published papers are noted in the Reference section.

ANNEXE A 2

Classement des réponses au questionnaire selon l'utilisation des résines

Pays	Résistance à l'abrasion et à la cavitation		Étanchement de fuite		Réparation générale		Réparation du déversoir		Protection générale		Étanchement de de joints ou fissures		Dégâts dus au gel		Dégâts dus au feu	
	NW	R	NW	R	NW	R	NW	R	NW	R	NW	R	NW	R	NW	R
Australie.....		3		*								1				
Autriche.....	2	1		*		1			1*		1					
Tchécoslovaquie								1								1
Finlande.....												1*				
France.....		3		4												
Grande-Bretagne.....							1		2							
India.....	1							1								
Italie.....				4				1						1e		
Côte d'Ivoire ..	1								*							
Japon.....		1						2		1						
Nigeria.....	1															
Norvège.....				2												
Portugal.....				1		1										
Suède.....				1										*		
Etats-Unis		9		1		1				2				1+2e*		
Sous-totaux	8	14	-	13	-	3	1	5	3	3	-	3	-	4	-	1
Total		22		13		3		6		6		3		4		1
Pourcentage		38%		23%		5%		10%		10%		5%		7%		2%

Travail sur ouvrages neufs: 12 exemples 21%
 Réparations : 46 exemples 79%
 : 58 exemples 100%

Légende : NW : Résine appliquée sur un ouvrage neuf.
 R : Résine appliquée sur un ouvrage en service, soit en complément, soit en réparation.
 * : Raison supplémentaire à l'utilisation de résine, concernant un exemple déjà décompté dans une autre colonne du tableau.
 e : Application expérimentale.

APPENDIX A 2

Classification of responses to questionnaire according to use of resin

Country	Abrasion or erosion resistance		Sealing leaks		General repair		Spillway repair		General protection		Seal cracks/joints		Frost damage		Fire damage	
	NW	R	NW	R	NW	R	NW	R	NW	R	NW	R	NW	R	NW	R
Australia		3		*								1				
Austria	2	1		*		1			1*		1					
Czechoslovakia							1									1
Finland											1*					
France	3			4												
Great Britain							1		2							
India	1							1								
Italy				4				1						1e		
Ivory Coast	1								*							
Japan		1						2		1						
Nigeria	1															
Norway				2												
Portugal				1		1										
Sweden				1										*		
United States		9		1		1				2				1+2e*		
Sub-totals	8	14	-	13	-	3	1	5	3	3	-	3	-	4	-	1
Totals		22		13		3		6		6		3		4		1
Percentage		38%		23%		5%		10%		10%		5%		7%		2%

New work : 12 examples 21%
 Repair work : 46 examples 79%
 58 examples 100%

Key : NW : Resin applied to new construction
 R : Resin applied as addition or repair to existing structure.
 * : Additional reason for use of resin in an example listed under another heading.
 e : Experimental application.

ANNEXE A 3

**Classement des réponses selon les catégories des résines
(révêtements minces de l'exemple n° 51 exclus)**

Résines	Nombre
- Epoxy	30
- Epoxy en feuilles préfabriquées*	1
- Epoxy-brai (de houille)	8
- Epoxy-brai (de pétrole)	1
- Epoxy-polyamide	3
- Epoxy-polysulfure	2
- Epoxy-polyuréthane	1
- Epoxy-polyuréthane-silicone	1
- Peinture époxy en milieu aqueux	1
	sous-total : 48
- Epoxy acrylique	4
- Polyuréthane	3
- Polyester	3
- Néoprène (revêtement mince)	3
- Polysulfure	1
- Silicone (revêtement mince)	1
- Polyéthylène chlorosulfoné (liquide)	1
- Polyéthylène chlorosulfoné (feuilles)*	1
- Mortier de ciment modifié par résine en émulsion « Saran »**	1
	TOTAL
	66

Les systèmes à base d'époxy représentent 73% des cas mentionnés, mais certaines des résines utilisées moins fréquemment dans ces exemples ont connu récemment un important développement.

* Revêtement se présentant sous la forme de feuilles fabriquées en usine et appliquées sur le béton à l'aide d'une colle appropriée.

** Co-polymère chlorure de vinyle-chlorure de vinylidène.

APPENDIX A 3

**Classification of responses according to type of resin
(excluding experimental thin coatings of Item 51)**

Resin	No.
- Epoxy resin.....	30
- Epoxy resin (in panels*)	1
- Epoxy/coal tar resin	8
- Epoxy/bitumen resin	1
- Polyamide epoxy resin.....	3
- Epoxy/polysulphide resin	2
- Epoxy/polyurethane resin	1
- Epoxy/polyurethane/silicon resin.....	1
- Epoxy/resin paint (water based).....	1
	(sub total 48)
- Vinyl ester resin.....	4
- Polyurethane resin	3
- Polyester resin.....	3
- Neoprene (thin coating).....	3
- Polysulphide resin.....	1
- Silicon resin (thin coat)	1
- Chlorosulphonated Polyethylene (liquid).....	1
- Chlorosulphonated Polyethylene (panels*)	1
- Saran latex modified cement mortar**	1
	66
TOTAL.....	

Epoxy resin based systems account for 73% of reported cases but some of the less frequently reported resins represent recent developments.

* Resin formed into sheets or panels 'off-site' and applied to concrete 'on-site' using an appropriate resin adhesive.

** Vinyl chloride - vinylidene chloride co-polymer.

ANNEXE B

Résumé des utilisations de résines synthétiques ayant fait l'objet de rapport des Comités nationaux.

Notes

- Dans la colonne « référence du registre mondial » :
 - les indications de la forme 1/24 concernent l'édition du registre de 1973.
 - les indications de la forme 1/24* concernent l'édition du registre de 1977.
 - les indications de la forme (234) désignent les rapports mentionnés dans les « références » ci-dessus (pages précédant l'annexe A I).
- Les dates qui figurent dans les colonnes d'identification des ouvrages concernent l'année de l'achèvement des ouvrages.
- La date d'application des résines figure dans la colonne « organe revêtu, date d'application ».
- Une liste des abréviations précède les tableaux.
- Les tableaux sont précédés d'une liste des noms et adresses des propriétaires des ouvrages.
- Des exemples supplémentaires d'utilisation de revêtements en résine, tirés des rapports reçus, sont notés dans les « références » ci-dessus.

APPENDIX B

Summary of uses of synthetic resins reported by National Committees

Notes

References shown (1/24) are to 1973 edition of World Register.

References shown (1/24*) are to 1977 edition of World Register.

References shown (234) are to papers noted in the reference Section.

Dates shown with references are dates of completion of Structure.

Date of application of resin is shown under "Element Faced/Date Applied".

A list of Abbreviations used precedes the Tables.

A list of the names and addresses of the Owners of Structures precedes the Tables.

Additional examples of the use of resin facings from published papers are noted in the Reference Section.

Owners of dams and structures listed in Appendix B
Maitres d'ouvrages des barrages et ouvrages répertoriés aux Annexes B

No	Maître d'ouvrage/Adresse	26	S.E.S.V. Lucca, Italy
No	Owner/Address	27	S.I.P. Aosta, Italy
1	Hydro Electric Commission, Hobart, Tasmania, Australia	28	Azienda F.S. Emilia, Italy
2-3	Water Resources Commission Queensland, Australia	29	SICEDISON, Veneto, Italy
4	State Rivers & Water Supply Commission, Victoria, Australia	30	Autorite de la Valle de Bandama Côte d'Ivoire
5-9	Österr Donaukraftwerke AG A 1010 Vienna Parkring 12 Austria	31-32	Chuba Electric Power Co. Inc. Japan
10	Tiroler Wasserkraftwerke Innsbruck A6020 Austria	33	Tokyo Electric Power Co. Inc. Japan
11	Povodi Vltavy Praha Czechoslovakia	34	Electric Power Development Co.Ltd. Japan
12	Kemijoki Oy, Finland	35	Niger Dams Authority, Nigeria
13-17	Electricité de France 3, rue de Messine 75008 Paris	36	Kristiansand Elektrisitetsverk, Norway
18-20	Compagnie Nationale du Rhône	37	-- Norway
21	Fife Regional Council, Glenrothes, Fife KY7 5QH, G.B.	38-39	Electricidade de Portugal, Lisbon, Portugal
22	Anglian Water Authority, Hun- tingdon, Cambs. PE18 6NZ G.B.	40	State Power Board, Stockholm, Sweden
23	Lothian Regional Council, Edinburgh EH10 6XH G.B.	41-46 48,56	Corps of Engineers, P.O. Box 631 Vicksburg, Mississippi 39180 USA
24	Uttar Pradesh Government, India	47	Tennessee Valley Authority, Knoxville, Tennessee 37902 USA
25	Andrah Pradesh Government, India	49-55	Bureau of Reclamation, P.O. Box 25007 Denver, Colorado 80225 USA

LÉGENDE DES ABRÉVIATIONS – ABBREVIATIONS

TABLEAU 1 : *(Généralités)*

Barrage mobile
Barrage en enrochement
Aménagement hydro-électrique
Barrage à voûtes multiples
Ecluse de navigation
Barrage – poids
Barrage – poids incurvé
Galerie
Barrage en terre
Barrage voûte
Seuil

(Eléments d'ouvrages)

Bassin
Bloc brise-charge (dent)
Béton
Chambre
Chenal
Crête
Galerie – Conduit
Aval
Face
Revêtement
Prise d'eau
Revêtement
Maçonnerie
Acier doux
Travail sur ouvrage neuf
Vidange
Galerie de chasse
Conduite
Réparation
(Revêtement en) béton armé
Seuil
Bassin de tranquillisation
Evacuateur de crue
Cheminée d'équilibre
Amont
Murs

TABLEAU 2 : *Matériaux*

Durcisseur
Spécifications fédérales
Armatures en fibres de verre

TABLE 1 : *(General)*

B	Barrage
ER	Rockfill dam
HES	Hydro Electric Scheme
MV	Multiple arch dam
NLk	Navigation lock
PG	Gravity dam
PG/C	Curved gravity dam
T	Tunnel
TE	Earth dam
VA	Arch dam
Wr	Weir

(Elements of Structures)

B	Basin
BB	Baffle block
C	Concrete
Ch	Chamber
Chl	Channel
Cr	Crest
Cu	Culvert
Ds	Downstream
F	Face
Fg	Facing
I	Intake
L	Lining
M	Masonry
MS	Mild steel
NW	New work
O	Outlet
OCu	Outlet culvert
P	Pipe
R	Repair
RC(Fg)	Reinforced concrete (facing)
S	Sill
SB	Stilling basin
Sp	Spillway
SS	Surge shaft (or Tank)
Us	Upstream
W	Walls

TABLE 2 : *Materials*

DR	–
Fed Spec	Federal Specification
GFR	Glass fibre reinforcement

(Voir PAV)	GRP	Glass reinforced plastic
Méthacrylate de méthyle	MMA	Methyl methacrylate
Plastique armé de fibres de verre	PAV	(See GRP)
Béton de ciment	PCC	Portland cement concrete
Mortier de ciment	PCM	Portland cement mortar
Triméthylacrylate de Triméthylolpropane	TMPTMA	Trimethylolpropane Trimethacrylate
Plastifiant (pour béton de ciment)	WRA	Water reducing agent

TABLEAU 3 : *Méthodes d'application*

(Préparation des surfaces)	
Décapage à l'acide	AE
Séchage à l'air – soufflage	AD/AJ
Préparation des fissures	CkP
Dépoussiérage	DR
Surface sèche	DS
Décapage au jet abrasif (humide)	GrB(w)
Bouchardage	MH
Mortier de ciment	PCM
Mortier de ciment + colle	PCMB
Béton imprégné de polymère	PIC
Meulage	PG
Sablage (humide)	SdB(w)
Chauffage de la surface	SH
Brossage métallique	WBr
Décapage au jet d'eau	WJ
Surface humide	WS
Lavage à l'eau	WW
(Dosage)	
Pompes doseuses	MP
Prédosage	PB
Dosage volumétrique	VB
Dosage pondéral	WB
(Mélange)	
Mélange à la main	HM
Mélange mécanique	MM
Pistolet (à plusieurs têtes)	SG
(Durcissement)	
Température atmosphérique ambiante	Atmos
Chauffage	HC
Maintien d'ambiance humide	MC
Air chaud	WA
(Application)	
Brosse	Br
Spatule	PKn
Rouleau	Rr
Pistolet	Spr
Truelle	Tr

TABLE 3 : *Methods of Application*

(Surface preparation)
Acid etch
Air dry/Air jet
Crack preparation
Dust removal
Dry surface
Grit Blast (Wet)
Mechanical hammer
Portland cement mortar
Portland cement mortar + bond coat
Polymer impregnated concrete
Power grinding
Sand blasting (wet)
Surface heating
Wire brush
Water jet
Wet surface
Water wash
(Batching)
Metering pumps
Pre-batched
Volume batched
Weight batched
(Mixing)
Hand mixed
Mechanically mixed
Spray gun (multi-head)
(Curing)
Atmospheric, Ambient temperature
Heat cure
Moist cure
Warm air
(Application)
Brush
Putty knife
Roller
Spray gun
Trowel

AUTRES BULLETINS TECHNIQUES PUBLIÉS DANS CETTE SÉRIE (*)

- Bulletin 15 - « Résistance des bétons au gel »
1960-1981
- Bulletin 20 - « Guide et recommandations pour les essais sur les adjuvants
1968 tensioactifs pour les bétons des grands barrages »
- Bulletin 21 - « Considérations générales pour l'auscultation des barrages
1969 en terre et en enrochement »
- Bulletin 22 - « Guide et recommandations sur les pouzzolanes et les laitiers
1972 pour utilisation dans les bétons des grands barrages »
- Bulletin 23 - « 1) Considérations générales sur l'auscultation des barrages en béton ».
1972 2) Application des méthodes géodésiques à la détermination
des mouvements des barrages »
- Bulletin 24 - « Guide et recommandations sur les adjuvants accélérateurs
1973 et retardateurs de prise pour utilisation dans le béton des grands barrages »
- Bulletin 25 - « Extensibilité des bétons pour grands barrages »
1976-1981
- Bulletin 26 - « Méthodes pour déterminer les effets du retrait, du fluage
1976-1981 et de la température sur les bétons des grands barrages »
- Bulletin 27 - « Considérations sur le calcul sismique des barrages »
1975-1981
- Bulletin 29 - « Rapport du Comité des Risques aux tiers découlant des grands barrages »
1977
- Bulletin 30 - « Les méthodes des éléments finis appliquées aux calculs
1978-1982 et à la conception des barrages »
- Bulletin 31a - « Glossaire de termes relatifs aux barrages »
1977-1982
- Bulletin 32a - « Masques amont en béton bitumineux pour barrages en terre
1977-1982 et en enrochement »
- Bulletin 33 - « Répertoire de symboles pour barrages »
1979
- Bulletin 34 - « Guide CIGB du Système International d'Unités (SI) »
1979
- Bulletin 35 - « Les barrages et l'environnement »
1980
- Bulletin 36a - « Ciment utilisé pour le béton des grands barrages »
1980-1982
- Bulletin 37 - « Une réussite les barrages et l'écologie »
1981
- Bulletin 38 - « Emploi des étanchéités minces sur les barrages en remblai »
1981
- Bulletin 39 - « Raccordement du masque amont avec la fondation et les rives »
1981 (1^{er} Complément au Bulletin 32a)
- Bulletin 40 - « Le béton armé de fibres »
1982
- Bulletin 41 - « L'automatisation dans le contrôle de la sécurité des barrages »
1982
- Bulletin 42 - « Noyaux bitumineux pour barrages en terre et en enrochement »
1982 (2^e Complément au Bulletin 32a)
- Bulletin 43 - « Résines synthétiques pour les revêtements de barrages »
1982
- Bulletin 44 - « Bibliographie – Barrages et dépôts de stériles miniers et industriels »
1982
- Bulletin 45 - « Manuel des barrages et dépôts de stériles »
1983
- Bulletin 46 - « Sismicité et conception des barrages »
1982

(*) Les dates indiquent les éditions successives. Indice « a » : quand il y a mise à jour.

NB : Les Bulletins précédant le Bulletin 15 n'étaient pas des Bulletins Techniques.

OTHER TECHNICAL BULLETINS AVAILABLE (*)

- Bulletin 15 - "Frost resistance of concrete"
1960-1981
- Bulletin 20 - "Guide and recommendations for tests on surface active admixture for concrete for large dams"
1968
- Bulletin 21 - "General considerations applicable to instrumentation for earth and rockfill dams"
1969
- Bulletin 22 - "Guide and recommendations on pozzolanas and slags for use in concrete for large dams"
1972
- Bulletin 23 - "1) General considerations on instrumentation for concrete dams.
2) Note on the application of geodetic methods to the determination of movements of dams"
1972
- Bulletin 24 - "Guide and recommendations for accelerating and retarding admixtures for use in concrete for large dams"
1973
- Bulletin 25 - "Extensibility of concrete for large dams"
1976-1981
- Bulletin 26 - "Methods of determining effects of shrinkage, creep and temperature on concrete for large dams"
1976-1981
- Bulletin 27 - "A review of earthquake resistant design of dams"
1975-1981
- Bulletin 29 - "Report from the Committee on Risks to Third Parties from Large Dams"
1977
- Bulletin 30 - "Finite element methods in analysis and design of dams"
1978-1982
- Bulletin 31a - "A glossary of words and phrases related to dams"
1977-1982
- Bulletin 32a - "Bituminous concrete facings for earth and rockfill dams"
1977-1982
- Bulletin 33 - "Compendium for dam symbols"
1979
- Bulletin 34 - "ICOLD Guide for the International System of Units (IS)"
1979
- Bulletin 35 - "Dams and the Environment"
1980
- Bulletin 36a - "Cements for concrete for large dams"
1980-1982
- Bulletin 37 - "Dam projects and environmental success"
1981
- Bulletin 38 - "Use of thin membranes on fill dams"
1981
- Bulletin 39 - "Upstream facing interface with foundations and abutments"
1981 (1st Supplement to Bulletin 32a)
- Bulletin 40 - "Fiber reinforced concrete"
1982
- Bulletin 41 - "Automated Observation for the Safety Control of Dams"
1982
- Bulletin 42 - "Bituminous cores for earth and rockfill dams"
1982 (2nd Supplement to Bulletin 32a)
- Bulletin 43 - "Synthetic resins for facings of dams"
1982
- Bulletin 44 - "Bibliography - Mine and industrial tailings dams and dumps"
1982
- Bulletin 45 - "Manual on tailings dams and dumps"
1983
- Bulletin 46 - "Seismicity and dam design"
1982

(*) 2 dates : successive editions. Numbers marked "a" : where there is an updating.

NB : Bulletins before Bulletin No. 15 were not Technical Bulletins.

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN
Publications scientifiques et littéraires
05002 GAP - Tél. : (92) 51.35.23
Dépôt légal : 179 - Mars 1983

ISSN 0534-8293

No	NAME	COUNTRY	Type of Structure	Year of Completion	World Register No.	Reference	Crest El. (meters)	Element Faced	Date Applied	New Works/Repair	PURPOSE OF RESIN FACING	RÔLE DU REVÊTEMENT DE RÉSINE
	NOM	PAYS	Type d'ouvrage	Année d'achèvement	N° au registre Mondial	Référence	Altitude du couronnement (mètres)	Élément revêtu	Date d'application	Travail sur ouvrages neufs/ Réparation		
1	Serpentine Dam	Australia	ER	1971	11/24			Sp/T.I.	1970	NW	Repairs to eroded concrete lining	Réparation d'un revêtement bétonné érodé
2	Maroon Dam	Australia	TE	1972	12/14			O.C.		R	Repair of damaged and eroded concrete	Réparation d'un béton endommagé et érodé
3	Proston Weir	Australia						Sp.S.	1967	NW	Abrasion protection to weir sill to protect 'Fabridam' when deflated	Protection contre l'abrasion d'un seuil en 'Fabridam'
4	-	Australia						Various		R	Flexible coating to cracks subject to movement	Revêtement souple pour fissures actives
5	Malta H.E.S. - Rottau Weir - Hattelberg Tunnel	Austria	Wr T	1976 1976			600 1750.	IB SS	1976 1976	NW NW	Abrasion protection Erosion protection	Protection contre l'abrasion Protection contre l'érosion
6	Aschach H.E.S. R. Danube	Austria	Wr	1963			282	WrCb, SB.S	1968	R	Repairs to joints in masonry facings	Réparation de joints de revêtement en maçonnerie
7	Ottensheim - Wilhering H.E.S. R. Danube	Austria	Wr	1972			265	WrCb/W	1972	NW	Protective coating to walls of weir chambers	Revêtement de protection sur les parois de bassin d'un petit barrage
8	Wallsee - Mitterkirchen HES	Austria	B	1968			242	NLK/Cu	1968	R	Repair coating to navigation lock filling culvert	Réparation d'un conduit d'alimentation d'une écluse

RESIN SYSTEM EMPLOYED	SYSTEME DE RESINES UTILISE	FORMULATOR	SURFACE PREPARATION/TEMPERATURE	BATCHING METHOD	MIXING METHOD
Epoxy Resin System (2 Parts) Primer : Thiopoxy 62 0.25mm thick Patching : Thiopoxy 60(+sand if > 6mm thick) Facing : Thiopox 61 0.15mm thick	Systeme de résines Epoxy à 2 composants Primaire : Thiopoxy 62 - Epaisseur 0,25mm Ragréage : Thiopoxy 60(avec sable si epaisseur > 6mm) Revêtement : Thiopoxv 61 - Epaisseur 0,15mm	W.R.Grace, Australia Pty Ltd	MH, AE WW, SH 7-15°C	PB	MM
Epoxy Resin System (2 Parts) Primer : Unfilled resin Facing : 3:1 sand/resin mortar 12mm thick (+thixotropic agent on vertical faces)	Systeme de résine epoxy à 2 composants Primaire : résine sans charge Revêtement : mortier sable/résine à 3/1 de 12mm d'épaisseur (+ agent thixotrope sur parement verticaux)	-	MH, AE WW, SH 21°C	VB	-
Epoxy Resin HB Q8616 BSG Resin used unfilled as thin facing	Résine epoxy HB Q8616 BSG Résine utilisée sans charge en film mince	H. B. Sales Ltd Australia	AE, WW AD	-	MM
Neoprene System (3 Parts) 0.2mm/coat Primer : thinned neoprene Coat No.1 : 1:4, toluol/neoprene Coats No.2,3,4: Neoprene to 0.50mm thick	Systeme Néoprène à 3 composants à 0.2mm par couche au maximum / Primaire : néoprène dilué Couche No 1 : néoprène dilué à 20%("Etoluol") Couches n° 2,3,4: néoprène jusqu'à obtenir 0.5mm d'épaisseur	Leggett's Rubber Industries 21 Brown Street Clayton, Australia	MH WBr	PB	-
Prefabricated glass reinforced epoxy resin panels bonded to concrete with 2 part epoxy Resin adhesive	Panneaux préfabriqués d'epoxy armé de fibres de verre, collés au béton avec une colle epoxy à 2 composants	Durit Werke Kern & Co A-9020 Klagenfurt Austria	WBr, > 10°C	-	-
Epoxy Resin System (2 Parts) Primer : - Facing : 8:1 sand/resin mortar	Systeme : epoxy à 2 composants Primaire : - Revêtement: mortier sable/résine à 8/1	SIKA Switzerland	WBr > 30°C	WB	HM
Epoxy Resin System (with additives) Hot sprayed application in 3 coats	Systeme de résine epoxy (avec additifs) Application à chaud au pistolet en 3 couches	Chemie-Linz A.G. A-4020 Linz Austria	SdB, DR 10-40°C	MP	SG
Epoxy Resin System (2 Parts) Primer : - Facing : 8:1 quartz sand/resin	Systeme de résine epoxy à 2 composants Primaire : - Revêtement : mortier sable de quartz/résine à 8/1	SIKA Switzerland	WBr 50°C	WB	HM

APPLICATION METHOD RATE OF APPLICATION					CURING METHOD	PERFORMANCE EVALUATION	APPRECIATION DU COMPORTEMENT
PRIMER	1st	2nd	3rd	4th			
MÉTHODES D'APPLICATION ÉPAISSEUR DES COUCHES					CONDI- TIONS DE DURCIS- SEMENT		
PRIMAIRE	1ère couche	2ème couche	3ème couche	4ème couche	SURFACE REVÊTUE POIDS UTILISÉ		
Br	Pkn	Rr	-	-	-	Satisfactory finish, knife marks visible. Performance satisfactory after 10 years but spillway tunnel not in frequent use	Aspect satisfaisant. Marques de spatule visibles. Comportement satisfaisant au bout de 10 ans, mais le tunnel de l'évacuateur fonctionne rarement
Br	Tr	Tr	-	-	-	-	-
Br 0.8kg/m ²	-	-	-	-	-	Satisfactory for 5 years, then steady deterioration to complete failure after 10 years	Satisfaisant pendant 5 ans, ensuite dégradation progressive, jusqu'à destruction complète au bout de 10 ans
Br	Br 0.2mm	Br 0.2mm	Br 0.2mm	Br 0.2mm	-	Finish: dense, smooth, rubberlike texture, black. Satisfactory on dry concrete, some failures due to joint pore pressure or bad curing	Apparence dense, lisse, caoutchouteuse, noire Comportement satisfaisant sur béton sec, quelques défauts dus à la pression inter- sticielle ou à de mauvaises conditions de durcissement
-	Tr	GRP Panels	-	-	-	Finish: smooth. Weir panels damaged by tree trunks, poor adhesion due to rapid cure, repaired with modified resin. Tunnel satisfactory	Aspect lisse. Les panneaux de seuil déversant ont été endommagés par des troncs d'arbres. Mauvaise adhérence due à un durcissement trop rapide, réparée avec une résine modifiée. Comportement satisfaisant dans le tunnel
-	Tr	-	-	-	-	Finish: smooth Satisfactory after 12 years	Aspect: lisse Satisfaisant au bout de 12 ans
-	Spr	Spr	Spr	-	-	Finish: smooth Poor adhesion between coats due to spray gun type and variable resin hardening time	Aspect: lisse Mauvaise liaison entre couches, imputable au type de pistolet et à des irrégularités dans le temps de durcissement
-	Tr	-	-	-	-	Finish: smooth Satisfactory after 10 years	Aspect: lisse Satisfaisant au bout de 10 ans

No	NAME	COUNTRY	Type of Structure	Year of Completion	World Register No.	Reference	Crest El. m.a.s.l.	Element Faced	Date Applied	New Works/Repair	PURPOSE OF RESIN FACING	ROLE DU REVETEMENT DE RESINE
	NOM	PAYS	Type d'ouvrage	Année d'achèvement	No au Registre Mondial	Référence	Altitude du couronnement (mètres)	Élément revêtu	Date d'application	Travail sur ouvrages neufs		
9	Ybbs-Persenbueg HES R. Danube	Austria	Wr	1958			228	W	1968	R	Repair to damaged concrete walls	Réparation de murs en béton endommagés
10	Prutz-Imst HES	Austria	P	1954			850	I.P	1975	R	Repair of 2 No. 500mm dia. pipes abraded by gravel	Réparation de 2 tuyaux Ø 500mm érodés par le gravier
11	Slapy Dam	Czechoslovakia	PG	1958	3/8			Sp	1974	R	Repair of damaged concrete on face of spillway	Réparation de béton endommagé sur un déversoir
12	Vanttauskoski HES	Finland	PG	1971	2/19			Sp	1969	R	Repair of concrete face of spillway damaged by fire during construction	Réparation d'un parement de béton d'un déversoir endommagé par le feu pendant la construction
13	Calacuccia Dam	France (Corsica)	MV	1968	12/22 (9)		-	UsF	1969	R	Waterproofing upstream faces of two arches of multiple arch dam	Étanchement de parements amont de 2 voutes d'un barrage à voutes multiples.
14	La Girotte Dam	France	MV	1951	6/24 (9)		1754	UsF	1963-64	R	Waterproofing upstream face of multiple arch dam	Étanchement de parement amont d'un barrage à voutes multiples
15	Tre-La-Tete Tunnel	France	T	1962			1920	T.CL		R	Sealing fine cracks in tunnel concrete lining	Obturation de fines fissures dans un revêtement bétonné de tunnel
16	Lanau Dam	France	VA	1962	11/10 (9)		669	UsF	1972	R	Sealing cracks and joints and waterproofing upstream face of thin cylindrical arch dam	Obturation de joints et fissures, et étanchement du parement amont d'un barrage voute cylindrique mince

RESIN SYSTEM EMPLOYED	SYSTÈME DE RÉSINES UTILISÉ	FORMULATOR	SURFACE PREPARATION/TEMPERATURE	MATCHING METHOD	MIXING METHOD
Epoxy Resin System (2 Part) Primer : - Facing : 8:1 sand/resin mortar	Système de résine époxy à 2 composants Primaire : - Revêtement : mortier sable/résine à 8/1	CIBA SIKA	W.Br >10°C	WB	HM
Epoxy Resin System (2 Part) Primer : Sikadur 32 Facing : Sikadur 31 mortars	Système de résine époxy à 2 composants Primaire : Sikadur 32 Revêtement : mortier au Sikadur 31	SIKA	W.Br 10-20°C	WB	HM
Epoxy Resin System (2 Part) Primer : N11+N10 resins (2 coats) Patching : 4.75:1, Quartz sands/mixed resin Facing : 1 coat Sadurit resin (primer) 2 coats Sadurit L12 resin	Système de résine époxy à 2 composants Primaire : Résines N11+N10 (2 couches) Ragréage: mortier sable siliceux/résine à 4,75/1 Revêtement: 1 couche de résine Sadurit et 2 couches de résine Sadurit L12	Building Institute CVUT	MH	WB	-
Epoxy Resin System Primer : - Facing : V-MAT QS resin/quartz sand mortar	Système de résine époxy Primaire : - Revêtement: mortier de ciment/sable de quartz V-MAT QS	Protective Materials Ltd Birmingham Great Britain	MH	-	-
Epoxy Resin/Polyurethane Pitch System Primer : Epoxy 61 resin Patching : Resin RG12 Facing : Polyurethane pitch resin	Système : résine époxy/brai-polyuréthane Primaire : résine époxy 61 Ragréage : résine RG12 Revêtement: résine brai-polyuréthane	-	SdB, CKP	-	15 min
Chlorosulphonated polyethylene (Hypalon) Primer : Hypalon (thinned) Facing : 3 coats Hypalon	Polyéthylène chlorosulfoné (hypalon) Primaire : hypalon dilué Revêtement : 3 couches d'hypalon	Verhypal	CKP, SdB DR	-	-
Polyurethane epoxy/silicon Primer : 2 coats G-Poxy 35 diluted 10%, 5% Facing : Silgom, silicon sealant	Epoxy-polyuréthane/silicone Primaire : G. Poxy 35 dilué Revêtement : 2 couches de G-Poxy 35 avec 10% et 5% de diluant Joints: mastic d'étanchéité en silicone "SILGON"	Geram	CKP, MH, WBr, DR SH	-	-
Polyurethane System (2 part) Primer : G-Poxy G32S diluted Patching : Thiokol sealant in joints Facing : G-Poxy G32S lmm in 2 coats	Système : polyuréthane à 2 composants Primaire : G. Poxy 32 S dilué Ragréage : Thiokol dans joints fissures et reprises Revêtement : G. Poxy 32S : lmm en 2 couches	Sealant: Joint Francais (PRC) Facing: Geram	CKP, SdB DR	-	-

APPLICATION METHOD RATE OF APPLICATION				AREA COATED WT. USED	CURING METHOD	PERFORMANCE EVALUATION	APPRECIATION DU COMPORTEMENT
PRIMER	1st	2nd	3rd				
MÉTHODES D'APPLICATION ÉPAISSEUR DES COUCHES					CONDI- TIONS DE DURCIS- SEMENT	APPRECIATION DU COMPORTEMENT	
PRIMAIRE	1ère couche	2ème couche	3ème couche	4ème couche	SURFACE REVÊTUE POIDS UTILISÉ		
-	Tr	-	-	-	-	Atmos	Aspect: lisse Satisfaisant au bout de 15 ans
Br	Tr	-	-	-	-	Atmos	Aspect: lisse Satisfaisant au bout de 4 ans
Br 2 coats	Tr 20mm	Br (Primer)	Tr 0.25-0.75 kg/m ²	-	-	-	Aspect: uniforme Comportement: pas de commentaires, mais des essais de laboratoire ont été faits sur de la résine durcie
-	Tr 7-12mm	-	-	-	250m ² 2.6m ³	Atmos	Aspect: lisse Satisfaisant au bout de 6 ans, avec bonne adhérence
Br	Tr (cracks) (4mm at cracks)	Tr2mm (4mm at cracks)	-	-	-	Atmos	Aspect: couleur noire. Difficultés pour l'application du primaire dans les cratères de surface: cloques provenant d'humidité em- pisonnée. Réparation avec une deuxième couche de primaire. Satisfaisant au bout de 6 ans
Spr 0.3 kg/m ²	Spr 0.50 kg/m ²	Spr 0.55 kg/m ²	Spr 0.88 kg/m ²	-	2100m ²	Atmos	Aspect: bon. Comportement satisfaisant pendant 3 ans, formation de cloques remplies d'eau. Au bout de 8 ans, le revêtement s'est détaché et a été remplacé
Br 0.95 kg/m	Spr, Tr 0.211 kg/m	-	-	-	85m ² E-Poxy 8kg Silgom 18 litres	-	Aspect: bon Satisfaisant au bout de 4 ans, bonne adhérence
Br 0.6 kg/m ²	Br 0.70 kg/m ²	Br 0.70 kg/m ²	-	-	Facing 3500m ² Cracks 475m	-	Des essais 5 jours après application ont montré une bonne adhérence. Un grand soin doit être apporté à l'application

No	NAME	COUNTRY	Type of Structure	Year of Completion	World Register No.	Altitude du couronnement (mètres)	Element Faced	Date Applied	New Works/Repair	PURPOSE OF RESIN FACING	ROLE DU REVÊTEMENT DE RÉSINE
	NOM	PAYS	Type d'ouvrage	Année d'achèvement	No au registre Mondial	Altitude du couronnement (mètres)	Élémt revêtu	Date d'application	Travail sur ouvrages neufs ou réparation		
17	Guerledan Dam	France	PG	1930	4/13 (9)	124	UsF	1972	R	Waterproofing upstream face of gravity dam using resin in sheet form	Etanchement du parement amont d'un barrage-poids avec des feuilles en résine collées
18	Villeneuve-Les-Avignon	France	B	1972	15/1			1973	NW	Wearing coat to sills of barrage gates	Revêtement de radiers de vannes d'un barrage de basse chute
19	Caderouse	France	B	1975	1/1 *			1975	NW	As No.18	Id n° 18
20	Saint-Pierre de Boeuf (Peage de Roussillon)	France	B	1977	1/22*			1976	NW	As No.18	Id n° 18
21	Castlehill Dam	Great Britain	PG/C	1978			UsF	1978	NW	Protection of upstream face of concrete arch gravity dam	Protection du parement amont d'un barrage poids-voûte en béton
22	Empingham Dam	Great Britain	TE		22/5*		Ocu	1971	NW	Protection of culvert concrete lining against sulphide attack	Protection d'un revêtement bétonné de galerie contre l'attaque d'eaux sulfatées
23	West Water Dam	Great Britain	TE	1967	20/14*		Sp. Chl	1966	NW	Erosion protection to side spillway channel	Protection contre l'érosion d'un canal latéral déversant
24	Yamuna HES (Stage II Part I)	India	PG	1972	45/11		ICMS	1972	NW	Abrasion protection to concrete and steel faces in intake chambers and culverts	Protection contre l'abrasion de parements en béton et blindés d'acier dans des chambres de prise d'eau et conduits divers

RESIN SYSTEM EMPLOYED	SYSTEME DE RESINE UTILISE	FORMULATOR	SURFACE PREPARATION/TEMPERATURE	MATCHING METHOD	MIXING METHOD
		FORMULATEUR	PREPARATION DES SURFACES/TEMPERATURE	METHODE DE DOSAGE	METHODE DE MELANGE
Chlorosulphonated Polyethylene (Hypalon) Adhesive : Neoprene Facing : Sheets of vulcanised Hypalon 1mm thick with glass fibre reinforcement	Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) Colle : au néoprène Revêtement: feuilles d'hypalon vulcanisé de 1mm d'épaisseur armées de fibres de verre	Uttwiler and Verhupal	SdB DR	-	-
Epoxy Coal Tar System (Panels 10m ²) Primer : epoxy resin Mortar : 50% epoxy resin 50% coal tar with corundum aggregate, 20mm thick	Système d'époxy-brai (panneaux de 10m ²) Primaire : résine époxy Mortier : 50% de résine époxy, 50% de brai, granulats en corindon, épaisseur 20mm	Not stated	MH DR AD > 50°C	WB	-
As No.18	Idem 18	Not stated	MH DR AD > 50°C	WB	-
As No.18	Idem 18	Not stated	MH DR AD > 50°C	WB	-
Epoxy Resin System Primer : Cital 28.05 Facing : 1 coat Conbex EP 637 + Aerosil 380 2 coats Cital 28.05	Système : résine époxy Primaire : Cital 28.05 Revêtement: 1 couche de Conbex EP637 + Aerosil 380 2 couches de cital 28.05	Chemical Building Products Ltd., Great Britain	GrB,WBr > 50°C	PB	MM
Water based Epoxy Paint (2 Part)	Peinture époxy pour fonds humides à 2 composants	Wailles Dove Bitumastic Ltd Great Britain	WBr	PB	MM
Bond coat : Tercol B epoxy resin Concrete screed: 1:3 cement/6mm aggregate Primer : Tercol 209 epoxy resin Facing : Tercol TC9 5mm thick	Colle : résine époxy Tercol B Ragréage : mortier 1/3 : ciment-granulats de 6mm Primaire : résine époxy Tercol 209 Revêtement: Tercol TC9, 5mm d'épaisseur	Chemical Building Products Ltd Great Britain	MH AE WW AD	-	-
Neoprene Paint System Primer : steel, Nll concrete, epoxy then Nll Facing : 2 coats Neoprene	Système de peinture-néoprène Primaire : sur métal : Nil sur béton : époxy puis Nil Revêtement: 2 couches de néoprène	Gaco Western Inc Seattle, USA	SdB > 210°C	VB	HM 23 litres

APPLICATION METHOD RATE OF APPLICATION				AREA COATED WT. USED	CURING METHOD	PERFORMANCE EVALUATION	APPRECIATION DU COMPORTEMENT
PRIMER	1st	2nd	3rd				
MÉTHODES D'APPLICATION ÉPAISSEUR DES COUCHES					CONDITIONS DE DURCISSEMENT	<p>Finish: Not good Performance after 1 year local adhesion failures; after 9 years blistered and repaired with rubber adhesive. Hypalon sheeting in good condition</p> <p>Finish: Black, texture as 'closed' road surface. Laboratory tested for abrasion resistance in water/sand jet. Resin mortar had twice the resistance of Portland cement concrete</p> <p>As Villeneuve-Les-Avignon</p>	<p>Aspect: peu satisfaisant. Comportement: décollements locaux au bout d'un an. Après 9 ans, nombreuses cloques, réparées avec une colle pour caoutchouc. Les feuilles d'hypalon proprement dites sont en bon état</p> <p>Aspect: noir, semblable à celui d'un revêtement routier "fermé" (riche en liant et étanche). Aux essais en laboratoire (abrasion au jet de sable et d'eau), le mortier de résine avait une résistance double de celle d'un béton de ciment</p> <p>Idem 18</p>
					1800m ²		
	Pr	Tr	-	-	2300m ²	Atmos	
	0.15-0.35 kg/m ²	20mm	-	-	125m ²		
	Br	Tr	-	-	2600m ²		
	0.15-0.35 kg/m ²	20mm	-	-			
	Br	Tr	Br	Br	-	Atmos	Aspect: lisse Comportement: satisfaisant
	0.1mm	1-2mm	0.2mm	0.2mm	-		
	Spr	Spr	-	-	-	Atmos	Aspect: lisse et brillant Au bout d'un an, formation de plusieurs cloques; adhérence bonne par ailleurs
	Br	Tr	Br	Tr	-	Atmos	Aspect: terne, couleur gris foncé. Comportement généralement satisfaisant, quelques décollements aux deux interfaces et aux joints de structure
	Rr	Br	Br	-	12 000 m ²	Atmos	Aspect: noir. Comportement satisfaisant sur surfaces métalliques. Quelques décollements sur le béton de la prise d'eau et de l'avacateur de crues, attribués à l'abrasion
	0.24 litres/m ²	0.5	1.0mm	-			

No	NAME	COUNTRY	Type of Structure	Year of Completion	World Register No.	Reference	Altitude du Couronnement (mètres)	Element Faced	Date Applied	New Works/Repair	PURPOSE OF RESIN FACING	RÔLE DU REVÊTEMENT DE RÉSINE
	NOM	PAYS	Type d'ouvrage	Année d'achèvement	No au Registre Mondial	Référence	Altitude du Couronnement (mètres)	Element revêtu	Date d'application	Travail sur ouvrages neufs ou réparation		
25	Nagarjunasagar Dam	India	PG	1972	40/13	166.42	Sp	1976	R	Repair to damaged concrete face of spillway of masonry dam	Réparation d'un déversoir en béton endommagé sur un barrage en maçonnerie	
26 (a)	Corfino Dam	Italy	VA	1914	1/22 (48)	515.50	UsF	1970	R	Waterproof facing to upstream face of arch dam	Revêtement étanche sur le parement amont d'un barrage voûte	
26 (b)	As 26	As 26(a)		as	26(a)		SpCr	1970	R	Repairing spillway crest	Réparation de la crête d'un évacuateur de crues	
26 (c)	As 26 (a)	As 26(a)		as	26(a)		DsF	1970	R	Waterproof coating to downstream face of arch dam	Revêtement étanche sur le parement aval d'un barrage voûte	
27	Cignana Dam	Italy	PG	1928	4/9 (49)	2173		1972	R	Experimental repair of freeze/thaw damaged concrete	Réparation expérimentale d'un béton attaqué par les cycles de gel-dégel	
28	Suviana-Brasimone Dam	Italy	PG	1932	6/13 (50)	472.5	UsF	1973/4	R	Waterproof facing to 48m high wall between dam basin and power station	Revêtement étanche sur un mur de 48m de haut entre bassin et usine hydro-électrique	
29	Delle Piazze Dam	Italy	PG	1926	3/23 (51)	1027	UsF	1971	R	Waterproofing upstream face of old masonry dam built with cement mortar and bitumen facing	Etanchement du parement amont d'un barrage en maçonnerie hourgée au mortier de ciment et pourvu d'un revêtement de bitume	
30	Kossou Dam	Côte d'Ivoire (Ivory Coast)	PG	1972	1/4		I.Ch1	1972	NW	Facing for abrasion and chemical resistance to intake and flood channels	Revêtement contre l'abrasion et des attaques chimiques sur une prise d'eau et un chenal de crue	

RESIN SYSTEM EMPLOYED	SYSTÈME DE RÉSINE UTILISÉ	FORMULATOR	SURFACE PREPARATION/TEMPERATURE	BATCHING METHOD	MIXING METHOD
			PRÉPARATION DES SURFACES/TEMPÉRATURE	MÉTHODE DE POSAGE	MÉTHODE DE MÉLANGE
Primer : Debockot 504 epoxy + hardener Patching : As primer + sand Facing : Debockot 504 epoxy + hardeners 750/758 Joints : Debockot E4 epoxy + hardener 411	Primaire: Epoxy Debockot 504 + DR Ragréage: mortier avec résine cf. primaire + sable Revêtement: Epoxy Debockot 504 + DR 750/758 Joints : Debockot E4 + DR 411	Dr Beck & Co Pune, India	WB, MH AE WJ AD	WB	HM
Upstream face: Epoxy Resin System Primer: Araldite GY255, hardener GFR(450g/m ²) Facing: Araldite GY255, hardener, pigment, Aerosil, BD.F pine oil (2 coats)	Parément amont: système résine époxy Primaire : Araldite GY255, durcisseurs Revetement : Araldite GY255, DR, pigments Aérosil, essence de thérébenthine, B,D,F (2 couches)	SIAP, Turin, Italy	MH, SdB WJ AD	WB	MM
Spillway crest Bonding primer, Araldite, GY255 hardeners Patching: Filling, PC mortar, Arion 3 epoxy mortar Facing : Araldite GY255, hardener	Crête de l'évacuateur de crue Primaire : Araldite GY255, durcisseurs Ragréage : mortier d'époxy Arion 3 Revêtement : Araldite GY255, durcisseur	As 26(a)	As 26(a)	WB	EM
Downstream Face: Silicon Resin System Silirain 50 - Sogesil silicon resin diluted with solvent Cracks: primed and sealed bituminous material	Parément aval: système à base de silicones Silirain 50 - Résine silicone Sogesil dilué avec un solvant Fissures : étanchées avec matériaux bitumineux (primaire également bitumineux)	As 26(a)	As 26(a)	WB	MM
Primer : Arion epoxy resin, hardener Patching : Arion R/3, hardener, sand, corundum Facing : Arion R/1, hardener (2 coats) Joints : Arion R/2 mastic	Primaire : résine epoxy Arion, durcisseur Ragréage : Arion R/3, durcisseur, sable, corindon Revetement: Arion R/1, durcisseur (2 couches) Joints : mastic Arion R/2	SIAP, Turin, Italy	MH, SdB DR	-	-
a) Upper: Araldite epoxy GY255, hardener EH143 b) Lower: Resin GY255 + coal tar (1:2), hardener DTA Reinforcement: GFR 225 g/m ² Patching: Resins as above + silica sand	Partie supérieure: Partie inférieure: Epoxy araldite GY255 Résine GY255 + brai (1/2) DR : EH143 DR : DTA P.A.V. 225g/m ² Ragréage: mêmes résines + sables siliceux	SIAP, Turin, Italy	SdB, DR	-	-
Bonding: Cabraster 1701 polyester, thinned, then 2 layers CFR, Cabraster 1701 polyester Facing: Cabraster 1416, reinforced isophthalic polyester, pigmented	Couche d'accrochage : polyester Cabraster dilué, puis 2 épaisseurs de polyester Cabraster 1701 armé de fibres de verre Revêtement: polyester isophthalique armé Cabraster 1416, pigmenté	Montedison Centro Ricerche Resine Castellanza (VA)	MH, SdB	-	-
Epoxy Resin System "Peridite" based on Araldite epoxy resin and polyamine hardener	Système : résine époxy "Peridite" : à base de résine époxy Araldite et de durcisseur polyamine	Ault & Wiborg, Industrial Finishes Ltd London, Great Britain	PG	-	-

APPLICATION METHOD RATE OF APPLICATION				AREA COATED WT. USED	CURING METHOD	PERFORMANCE EVALUATION	APPRECIATION DU COMPORTEMENT
PRIMER	1st	2nd	3rd				
MÉTHODES D'APPLICATION ÉPAISSEUR DES COUCHES					CONDI- TIONS DE DURCIS- SEMENT	APPRECIATION DU COMPORTEMENT	
PRIMAIRE					SURFACE REVÊTUE POIDS UTILISÉ		
	1ère couche	2ème couche	3ème couchr	4ème couche			
Br	Tr	Br	-	-	Atmos plus 4-6hrs 80-100°C	Finish: Smooth Satisfactory performance	Aspect: lisse Comportement satisfaisant
Br	Br Rr (GFR)	Rr	Rr	-	Atmos	No comment	Pas de commentaire
Br	Tr	Tr	Tr	-	Atmos	Finish: Anti-slip on crest. Joints formed at 4m centres	Aspect: rugueux sur la crête Formation de cassures espacées de 4 mètres
Spr	-	-	-	-	Atmos	As 25	Idem 26
Br	Tr	Tr	Tr	-	Atmos	Satisfactory after 3 years, no defects due to freezing. Some cracks over structural cracks repaired with epoxy resin with asbestos fibres	Satisfaisant au bout de 3 ans, pas attaque par le gel. Apparition de fissures au droit de fissures de l'ouvrage. Réparation avec une résine époxy chargée de fibres d'amiante
Br Rr (GFR)	Br Rr (GFR)	Br Rr (GFR)	Br Rr (GFR)	-	Atmos	Finish satisfactory. No leakage after 1 year (interfaces between coats mechanically abraded. Excessive sand blasting increased quantities of resin used)	Aspect satisfaisant. Pas de fuite au bout d'un an (les surfaces entre couches avaient été poncées mécaniquement. Un sablage excessif augmentait la consommation de résine.)
Br Rr 0.7-0.8 kg/m ²	Br Rr (GFR)	Spr 0.8-0.9 kg/m ²	-	-	Atmos	Finish: smooth. Facing intact after 2 years but local loss of adhesion noted. (Joint in dam sealed with formed copper strip)	Aspect: lisse. Revêtement intact au bout de 2 ans, mais décollements locaux observés. (les joints du barrage étaient étanchés avec des lames de cuivre).
Br Rr	Br Rr	-	-	-	Atmos 24-35°C	Not yet evaluated	Comportement pas encore apprécié

No	NAME	COUNTRY	Type of Structure	Year of Completion	World Register No.	Reference	Altitude du couronnement (mètres)	Element Faced	Date Applied	New Works/Repair	PURPOSE OF RESIN FACING	RÔLE DU REVÊTEMENT DE RESINE
	NOM	PAYS	Type d'ouvrage	Année d'achèvement	No au Register Mondial	Référence	Altitude du couronnement (mètres)	Element revêtu	Date d'application	Travail sur ouvrages neufs		
31	Senzu Dam	Japan	PG	1935	37/2	-		SpCr	1971	R	Spillway crest repair	Réparation de la crête d'un évacuateur de crues
32	Shiogo Dam	Japan		1960	-	-		SpCr	1977	R	Spillway crest repair	Réparation de la crête d'un évacuateur de crues
33	Nikko No.2 Power Station	Japan		1893				IChl	1980	R	Waterproof facing to cement mortar lining of old masonry channel	Enduit étanche sur un revêtement en mortier de ciment d'un vieux canal en maçonnerie
34	Misakubo Power Station	Japan	T	1969	71/14			T,SS	1970	R	Protective facing to tunnel and surge shaft lining	Enduit protecteur sur le revêtement d'un tunnel et d'une cheminée d'équilibre
35	Kainji Dam	Nigeria	PG	1967	16/3			SB.BB	1966	NW	Protective coating to spillway bucket baffle blocks	Revêtement protecteur sur les dents de la cuillère d'un déversoir
36	Nomeland Dam	Norway	PG	1921	1/12 (4)				1963	R	Waterproof coating to seal leaks	Revêtement imperméable pour étancher des fuites
37	Tinfos Dam	Norway	VA	1955	(4)				1965	R	Waterproof coating to seal leaks	Revêtement imperméable pour étancher des fuites
38	Vilar Dam	Portugal	ER	1965	2/23			Us RC(Eg)	1966	R	Waterproof coating to seal upstream reinforced concrete facing	Enduit imperméable pour étancher un revêtement amont en béton armé

RESIN SYSTEM EMPLOYED	SYSTÈME DE RÉSINE UTILISÉ	FORMULATOR	SURFACE PREPARATION/TEMPERATURE	BATCHING METHOD	MIXING METHOD
Epoxy Resin System Primer : Not stated Facing : Crete Bond No.1 with sand filler	SYSTÈME DE RÉSINE UTILISÉ Système : résine époxy Primaire : non précisé Revêtement: colle "Crete n° 1" chargée de sable	A.B.C.Trading Co.Ltd Japan	SH	MÉTHODE DE DOSAGE	MÉTHODE DE MÉLANGE
Epoxy Resin System Primer : Not stated Facing : Epicoat 828 with sand filler	Système : résine époxy Primaire : non précise Revêtement: Epicoat 828 chargée de sable	Shell Chemical Industry Company	SH		
Polyurethane Resin System Primer : Sankoseal Facing : Sankoseal in 2 coats	Système de résine polyuréthane Primaire : Sankoseal Revêtement: 2 couches de Sankoseal	-	PCM		
Polyester Resin System + GFR Primer : - Facing : Resin, accelerator, hardener and glass fibre (sprayed to 3mm)	Système : P.A.V., résine polyester Primaire : - Revêtement: résine, accélérateur, durcisseur et fibres de verre, appliqué au pistolet(épaisseur 3mm)	-	SdB,SH	WB 86kg per batch	MM
Epoxy Resin System: Araldite CIRA(ARL)Ltd	Système : résine époxy Araldite Giba	Perivale Paints Ltd Great Britain	AE, WW AD		
Polyester Resin System + GFR Primer : Denodeck IM over PCM patching Facing : Denofast I with GFR (0.6kg/m ²) then 3 coats Denofast I	Système : P.A.V. polyester Primaire : Denodeck IM sur ragréage en mortier de polymère Revêtement: P.A.V.(600g/m ²) Denofast I, puis 3 couches de Denofast I	-	WBr PCM		
Bitumen Epoxy Resin System Primer : Permatett M2 unmodified epoxy Facing : Bitumen-epoxy:sand(1:4) mortar 4mm thick	Système de résine époxy-brai Primaire : époxy non modifié Permatett M2 Revêtement: mortier époxy-brai/sable(1/4) de 4mm d'épaisseur	-	MH,SdB WJ,AD		MM
Epoxy Resin System Narrow Cracks : Icosit K250.E006 epoxy mortar Wide Cracks : Icosit K250.002 epoxy mortar Facing : 5 coats Icosit R9130 (4hr intervals)	Système de résine époxy Petites fissures: mortier ICOSIT K250.E006 Large fissures: mortier ICOSIT K250.002 Revêtement: 5 couches ICOSIT R9130(appliquées à intervalles de 4h)	Sital	WBr,WW AD		

APPLICATION METHOD RATE OF APPLICATION				AREA COATED WT. USED	CURING METHOD	PERFORMANCE EVALUATION	APPRECIATION DU COMPORTEMENT
PRIMER	1 st	2 nd	3 rd				
MÉTHODES D'APPLICATION ÉPAISSEUR DES COUCHES				SURFACE REVÊTUE POIDS UTILISÉ	CONDI- TIONS DE DURCIS- SEMENT	APPRECIATION DU COMPORTEMENT	
PRIMAIRE	1 ^{ère} couche	2 ^{ème} couche	3 ^{ème} couche	4 ^{ème} couche			
	Tr 90mm thick	-	-	-	Atmos	Finish: Smooth light grey colour Surface eroded by sand and gravel	Aspect: lisse, couleur gris clair Surface usée par le sable et le gravier
	Tr 100mm thick	-	-	-	Atmos	Finish: Smooth light grey colour Satisfactory performance	Aspect: lisse, couleur gris clair Comportement satisfaisant
Br 0.2mm	Br 4.0mm	Br 0.2mm	-	-	WA 4.0°C	Finish: Smooth green colour Performance not yet evaluated	Aspect: lisse, couleur verte Comportement pas encore apprécié
-	Spr (3head) 3mm thick	-	-	-	Atmos	Finish: Grey colour Local failures due to inadequate surface preparation	Couleur grise Défaillances locales dues à une préparation de surface mal faite
-	Br, Spr 0.38mm	-	-	-	Atmos	Finish: Satisfactory No erosion or deterioration after 6 years	Aspect satisfaisant Pas d'érosion ni de défaut au bout de 6 ans
Br	Br Rr	Br	Br	Br	Atmos	Finish: Satisfactory, final coat pigmented Performance: satisfactory	Aspect satisfaisant, dernière couche pigmentée. Comportement satisfaisant
Br	Tr 4mm	-	-	-	Atmos	Finish: - Performance satisfactory apart from minor defects repaired in 1966	Comportement satisfaisant, mis à part de légers défauts réparés en 1966
5 coats applied with 4 hours between coats					Atmos	Finish: Satisfactory Performance satisfactory (Note Pot life R9130 facing resin 1.5 - 2.5 hours)	Aspect: satisfaisant Comportement satisfaisant (on notera la durée pratique d'utilisation de la résine R9130: 1,5 a 2,5 heures)

No	NAME	COUNTRY	Type of Structure	Year of Completion	World Register No.	Reference	Altitude du couronnement (mètres)	Element Faced	Date Applied	New Works/Repair	PURPOSE OF RESIN FACING	ROLE DU REVÊTEMENT DE RÉSINE
	NOM	PAYS	Type d'ouvrage	Année d'achèvement	No au Registre Mondial	Référence	Altitude du couronnement (mètres)	Élémt revêtu	Date d'application	Travail sur ouvrages neufs		
39	Castelo do Bode Dam	Portugal	VA	1951	1/13					R	Protective coating to concrete where cover to steel reinforcement was inadequate	Revêtement protecteur de béton dans des zones où les acieres d'armature étaient trop près de la surface
40 (a)	Suorva Dam (now inundated)	Sweden	MV	1920 (1940)	(2) (17)			UsF	1963	R	Waterproof facing. Large scale site trials of 3 resin systems after laboratory trials	Revêtement imperméable. Essais in situ à grande échelle de 3 systèmes de résines après essais en laboratoire
40 (b)	As 40(a)	As 40(a)			(2) (17)			UsF	1963	R		Id 40(a)
40 (c)	As 40(a)	As 40(a)			(2) (17)			UsF	1963	R		Id 40(a)
41	Dworshak Dam	USA	PG	1973	236/19 (15)		487.68	OCu	1975	R	PIC used in outlet culvert to improve cavitation/erosion resistance of existing concrete, of dry pack patches and new concrete repairs	Béton imprégné de polymères, utilisé sur un conduit de vidange pour améliorer la résistance à la cavitation et à l'érosion d'un béton existant, de "rapiéçages" et de réparation de béton neuf.
42	Dworshak Dam	USA	PG	1973	236/19 (15)		487.68	SB	1975	R	PIC of new steel fibre concrete used in deep erosion repairs, epoxy mortar used in areas of minor erosion in basin floor	Béton imprégné de polymères armé de fibres métalliques, pour réparation d'érosions profondes dans un bassin de tranquillisation. Erosions de faible importance réparées avec un mortier d'époxy.
43	Pine Flat Dam	USA	PG	1954	119A/4			OCu	1966	R	Erosion protection to concrete lining of outlet culvert	Protection contre l'érosion du revêtement bétonné d'un conduit de vidange

RESIN SYSTEM EMPLOYED		FORMULATOR	SURFACE PREPARATION/TEMPERATURE	METHODE DE DOSAGE	METHODE DE MIXING
	SYSTEME DE RESINE UTILISE				
Epoxy Resin System Primer : Icosit K100/101 unfilled Facing : Icosit K100/102, 53:40:7-resin: filler:hardener	Système : résine époxy Primaire : Icosit K100/101, non chargée Revêtement: Icosit K100/102, proportion résine/filler/durcisseur:53/40/7	Sital	-	-	-
Modified Epoxy/Polysulphide Resin System Primer : 2 coats Epophen + 10% Thiokol LP3 Facing : 3 coats as primer + GFR Coating: 2 coats modified resin	Système de résine époxy modifié avec poly- sulfure. Primaire:2 couches Epophen avec 10% de thiokol LP3. Revêtement:3 couches cf. primaire, armées de fibres de verre. Couches de finition:2 couches de résine modifiée	Resin: Leicester Lovell Ltd, Southampton G.B. Modifieur: Thiokol Corp USA	MH,PCMB PCMB WBr DR >10°C	WB 10kg	MM
Neoprene Resin System Primer : 2 coats modified resin as 40(a) Facing : 3 coats Neoprene Latex 400 950	Système : résine néoprène Primaire : 2 couches cf. 40(a) Revêtement: 3 couches de néoprène en émulsion 400/950	Neoprene: Du Pont Co USA	As 40(a)	VB(SG)	(SG)
Combined Epoxy-Neoprene Resin System Primer : 2 coats modified resin as 40(a) Facing : 3 coats Neoprene Coating: 2 coats as 40(a) + GFR	Système mixte : époxy-néoprène Primaire : 2 couches cf. 40(a) Revêtement: 3 couches de néoprène Couches de finition: 2 couches cf. 40(a) armées de fibres de verre	Resin : As 40(a) Modifieur: As 40(a) Neoprene: As 40(b)	As 40(a)	Epoxy as 40(a) Neoprene as 40(b)	As 40(a) As 40(b)
Main repairs : polymer impregnated concrete using MMA System	Réparation principale: béton imprégné de résine (méthacrylate de méthyle)	Polymer for impregnation was MMA + TMPTMA	SH DR	VB	NY
Filled epoxy resin mortar. Main repairs : polymer impregnation of new steel fibre concrete replacing deeply eroded concrete with MMA + TMPTMA System	Réparation principale:remplacement de béton fortement érodé par un béton neuf imprégné de résine,armé de fibre de verre (liants: méthacrylate de méthyle et triméthyl - propyl- méthacrylate de méthyle)	Epoxy: Adhesive Eng.Co. Polymer for impregnation was MMA + TMPTMA	SH DR	VB	MM
Epoxy Resin System Hypon 91M, 89A, 89N and Epon 828	Système: résine époxy Hypon 91M, 89A, 89N et Epon 828	Hodges Chemical Co Redwood City California USA	(SdB DR)	-	-

APPLICATION METHOD RATE OF APPLICATION				AREA COATED WT. USED	CURING METHOD	PERFORMANCE EVALUATION	APPRECIATION DU COMPORTEMENT	
PRIMER	1st	2nd	3rd					4th
MÉTHODES D'APPLICATION ÉPAISSEUR DES COUCHES				SURFACE REVÊTUE POIDS UTILISÉ	CONDI- TIONS DE DURCIS- SEMENT	APPRECIATION DU COMPORTEMENT		
PRIMAIRE	1ère couche	2ème couche	3ème couche	4ème couche				
(Br)	(Tr)	-	-	-	Atmos			Comportement satisfaisant
Spr 2 coat	Spr	Spr	Spr	Spr 2 coat	Atmos (HC110°C)			Comportement satisfaisant Légers dégâts dus à l'action de la glace
Spr 2 coat	Spr	Spr	Spr	-	As 40(a)	Not satisfactory due to poor mechanical resistance to ice impact	Comportement peu satisfaisant, résistance insuffisante à l'action de la glace	
Spr 2 coat	Spr 3 coat Neoprene 1mm	Spr 2 coat Epoxy 2mm	-	-	As 40(a)	Satisfactory performance - subject to minor damage due to ice impact	Comportement satisfaisant. Légers dégâts dûs à l'action de la glace	
					SH	Finish: Good Performance after 5 years : Main PIC repairs excellent	Bon aspect Comportement au bout de 5 ans: réparations principales en béton imprégné excellentes	
	Tr (Epoxy) 25-100 mm	-	-	-	Atmos (Epoxy) SH (PIC)	Finish: Some surface cracking Performance: After 5 years 75% epoxy failure, PIC performing very well	Aspect: léger faiçage Comportement: au bout de 5 ans: destruction de 75% de l'époxy. Le béton imprégné de résine se comporte très bien	
	(Br)	-	-	-	Atmos	Finish: Satisfactory Performance: Slight erosion of resin facing at two small areas otherwise satisfactory	Aspect: satisfaisant Comportement: légère érosion du revêtement dans deux petites zones; satisfaisant par ailleurs	

No	NAME	COUNTRY	Type of Structure	Year of Completion	World Register No.	Reference	Altitude du couronnement (metres)	Element Faced	Date Applied	New Works/Repair	PURPOSE OF RESIN FACING	
	NOM	PAYS	Type d'ouvrage	Année d'achèvement	No au Registre Mondial	Référence	Altitude du couronnement (metres)	Element revêtu	Date d'application	Travail sur ouvrages neufs ou réparation	RÔLE DU REVÊTEMENT DE RÉSINE	
44	Milford Dam	USA	TE ER	1965	183/24			OCu	1964	NW	Erosion protection in outlet works of earth dam	Protection contre l'érosion du conduit de vidange d'un barrage en terre
45	Milford Dam	USA	TE ER	1965	183/24			OCu	1964	NW	As 44	Id 44
46	Fort Randall Dam	USA	TE	1956	125/2			OCu	1960	R	Repair of cavitation damage in concrete lining of outlet culvert	Réparation des dégâts causés par la cavitation sur le revêtement d'un conduit de vidange
47	Watts Bar Lock (also 3 similar lock structures)	USA	NLK NLK NLK NLK	1942 1939 1936	91/12 84/12 77/14 50/5			MS MS MS MS	1965, 7 " " "	R R R R	Facing mild steel gates and structures for waterproofing and for chemical and erosion resistance	Revêtement de vannes et ouvrages métalliques pour étanchéité, protection chimique, et résistance à l'érosion
48	New Cumberland Lock and Dam	USA	PG	1961	152/3			S	1963	R	Repair to eroded concrete sill of submersible gate	Réparation de seuil en béton érodé d'une vanne noyée
49	Yellowtail Afterbay Dam	USA	PG	1966	196/6			OChl, SB	1968	R	Repair to abrasion damaged concrete in sluiceway and stilling basin 40mm deep	Réparation d'une béton endommagé par l'abrasion dans un pertuis et un bassin de tranquillisation (profondeur inférieure à 40mm)
50 (a)	Shadow Mountain Dam	USA	TE	1946	96/17			Sp.Chl * (Experimental)	1975	R*	Exposure tests on experimental facings on concrete side spillway channel. 50% of area impregnated with 95% MMA/5% TRPTMA	Essais de revêtements expérimentaux sur un canal déversant. 50% de la surface imprégnée avec 95% MMA et 5% TRPTMA
50 (b)	As 50(a)	As 50(a)						As 50(a)			As 50(a)	Id 50(a)

RESIN SYSTEM EMPLOYED		FORMULATOR	SURFACE PREPARATION TEMPERATURE	BATCHING METHOD	MIXING METHOD
	SYSTÈME DE RÉSINE UTILISÉ	FORMULATEUR	PRÉPARATION DES SURFACES	MÉTHODE DE DOSAGE	MÉTHODE DE MÉLANGE
Epoxy Resin System Primer : Type I (Fed.Spec.MMM-B-350)Binder Facing : Binder Type I, asbestos fibres Cab-O-Sil, sand	Système : résine époxy Primaire : liant type I (spécifications fédérales MM.B.350) Revêtement: liant type I, fibres d'amiante "Cab.O.Sil", sable	Steelcote Manufacturing Company St.Louis Missouri USA	SdB, AD > 21°C	WB 20kg batch	MM
Epoxy Resin System Primer:) Corps of Engineers Type I Grade B Facing:) (Fed.Spec.MMI-G-650)	Système : résine époxy Primaire : type I degré B du "Corps of Engineers" Revêtement: spécifications fédérales NEM C650	As 44	SdB, AD > 21°C	WB 4.2kg batch	MM
Epoxy Resin System Primer : Epoxy resin unfilled Facing : Epoxy resin, sand, coarse aggregate + Armour coat of resin (unfilled)	Systeme : résine époxy Primaire : résine époxy non chargée Revêtement: résine époxy,sable,granulats grossiers + couche de finition en résine non chargée		Not stated	-	-
Coal Tar Epoxy Resin System Primer : Coal tar epoxy resin diluted Facing : Undiluted coal tar epoxy resin	Système de résine époxy-brai Primaire : résine époxy-brai diluée Revêtement: résine époxy-brai non diluée	Pittsburg Chemical Co Pittsburg Penn USA	AJ, SdB 16-27°C	(VB) 8.5-21 litres batch	MM
Initial repair : Polysulphide Resin,asbestos fibres and sand: Primer, unfilled resin Second Repair : Polyamide Epoxy Resin, sand: Primer, unfilled resin	Première réparation: résine polysulfure, fibres d'amiant et sable (primaire: résine non chargée). Seconde réparation : résine époxy-polyamide, sable (primaire: résine non chargée)	George W.Whitesides Co Louisville Kentucky USA	MH	-	MM
Epoxy Resin System (2 Part) Primer : Unfilled resin(Fed.Spec.MMM-B-350a) Type II Facing : Resin:sand (1:6 by weight)	Système : résine époxy à 2 composants Primaire : résine non chargée type II (spécifications fédérales MM-B-350a) Revêtement: mortier résine/sable(1/6 en poids)	Adhesive Engineering Co San Carlos California USA	MH, SdB(W) AJ, SH (18°C)	WB(SB) VB(OCHL)	MM MM
a) Vinyl Ester Resin System Primer : Vinyl ester bond coat Facing : Vinyl ester mortar, 1:8, resin/aggregate by weight. 12mm thick	a) Système: résine époxy acrylique Primaire : colle époxy acrylique Revêtement: mortier à liant époxyacrylique Proportions résines/ganulats : 1/8 en poids épaisseur 12mm	Impregnation Monomers: Bureau of Reclamation Epoxy resins: various	100%SdB 50%PIC 100% AD	WB	MM
b) Polyamide Epoxy Resin System No.1 Primer : Not noted Facing : Epoxy mortar, 1:6, resin/sand by weight, for use on damp concrete	b) Système de résine époxy-polyamide no 1 Primaire : non précisé Revêtement: mortier époxy (proportions résine/sable : 1/6 en poids) étudié pour beton humide	various	100%SdB 50%PIC 50%WS	WB	(MM)

APPLICATION METHOD RATE OF APPLICATION				AREA COATED WT. USED	CURING METHOD	PERFORMANCE EVALUATION	APPRECIATION DU COMPORTEMENT
PRIMER	1st	2nd	3rd				
MÉTHODES D'APPLICATION ÉPAISSEUR DES COUCHES				SURFACE REVÊTUE	CONDI- TIONS DE DURCIS- SEMENT		APPRECIATION DU COMPORTEMENT
PRIMAIRE	1ère couche	2ème couche	3ème couche	4ème couche	POIDS UTILISÉ		
Br	Tr	-	-	-	- 680kg	Atmos >21°C	Aspect: excellent Comportement: mortier difficile à appliquer, le revêtement n'a pas été soumis à rude épreuve
Br	Br	-	-	-	- 204kg	Atmos >21°C	Aspect: mauvais Comportement: matériau difficile à appliquer sujet au fluage pendant le durcissement. Après immersion, il pouvait être arraché au couteau
Br	Tr	Br	-	-	-	Atmos	Comportement: mortier époxy excellent au bout de 5 ans d'immersion, mais la couche de finition en époxy a tendance au pelage
Br	Spr	-	-	-	-	HC 16-27°C 72 hrs	Aspect: excellent Comportement: bon, mais les instructions du formulateur doivent être suivies fidèlement
Br	Tr	-	-	-	- 0.5m ³	MC	Première réparation: mauvais compartement, détachement de 60% de la surface, le bouchardage avait dégradé la surface du béton Deuxième réparation: satisfaisant avec la résine époxy
Br	Tr 1 litre/ m ² (PG)	-	-	-	-	HC 10/20°C then 43°C 4 hrs	Aspect: lisse Comportement: satisfaisant (produits stockés avant utilisation à 21/32°C)
Br	Tr 13mm	-	-	-	13m ²	Atmos	Aspect: bon Comportement: en bon état au bout de 2 ans (le meilleur parmi les essais (a)(b)(c)(d). Quelques fissures capillaires
(Br)	Tr	-	-	-	13m ²	MC	Aspect: surface dure Comportement: au bout de 2 ans, revêtement très fissuré avec décollements (les plus importants parmi les essais (a)(b)(c) et (d))

No	NAME	COUNTRY	Type of Structure	Year of Completion	World Register No.	Reference	Altitude du couronnement (mètres)	Element Faced	Date Applied	New Works/Repair	PURPOSE OF RESIN FACING	ROLE DU REVETEMENT DE RESINE
	NOM	PAYS	Type d'ouvrage	Année d'achèvement	No au Registre Mondial	Référence		Element revêtu	Date d'application	Travail sur ouvrages neufs ou réparation		
50 (c)	As 50(a)	As 50(a)						as 50(a)	As 50(a)	R*	As 50(a)	Id 50(a)
50 (d)	As 50(a)	As 50(a)						as 50(a)	As 50(a)	R*	As 50(a)	Id 50(a)
50 (e)	As 50(a)	As 50(a)						as 50(a)	As 50(a)	R*	As 50(a)	Id 50(a)
51	Shadow Mountain Dam	USA	TE	1946	96/17	96/17		SpChl (Experimental)	1975 (Experimental)	R*	Tests of nine types of thin coatings on 32 panels over freeze/thaw damaged concrete applied under poor conditions	Essais sur 9 types de revêtements minces en résine sur du béton dégradé par le gel, dans des conditions difficiles. 32 surfaces d'essais
52	Shadow Mountain Dam	USA	TE	1946	96/17	96/17		SpChl (Experimental)	1977 (Experimental)	R*	Trial overlay of Vinyl Ester resin concrete laid with normal concrete paving/finishing machine. Thickness 25mm	Essais de revêtement en béton de résine époxy-acrylique, appliqué avec une répandeuse-finisseuse pour béton normal - Epaisseur 25mm
53	American Falls Replacement Dam	USA		1976				SB	1978	R	Bonding of Portland cement concrete repair of abrasion damage to stilling basin concrete lining	Collage d'une réparation en béton de ciment ordinaire dans un bassin de tranquillisation (revêtement en béton endommagé par l'abrasion).
54	Gerber Dam	USA						UsF	1973	R	Waterproof facing to seal leaks in upper half of dam face, replacing 10 years old neoprene facing	Revêtement étanche pour étancher les fuites dans la moitié supérieure de barrage, pour remplacer un revêtement de neoprene vieux de 10 ans
55	Spring Creek Debris Dam	USA		1962				UsF	1980/81	R	Protective facing against action of acidic water, applied as thin coating	Revêtement de protection contre de l'eau acide, appliqué en film mince

RESIN SYSTEM USED	SYSTÈME DE RÉSINE UTILISÉ	FORMULATOR	SURFACE PREPARATION / TEMPÉRATURE	DOSAGE / MÉTHODE DE BATCHING	MIXING METHOD
c) Polyamide Epoxy Resin System No.2 Primer : Not noted Facing : Epoxy mortar, 1:6, resin/sand by weight, for use on damp concrete	Système de résine époxy-polyamine n°2 Primaire : non précise Revêtement: mortier époxy (proportion résine/sable 1/6 en poids) étudié pour surface humide)	-	100%SdB 50%PIC 50%WS	WB	MM
d) Polysulphide Epoxy Resin System No.3 Primer : Not noted Facing : Fed.Spec.resin MMM-B-350B Type II 1:6, resin/sand, for use on dry concrete	Système de résine époxy-polysulfure n°3 Primaire : non précise Revêtement: résine type II (spécifications fédérales MMM-B-350B) proportions résines sable 1/6, pour surface sèche	-	100%SdB 50%PIC 100%AD	WB	MM
e) Vinyl Ester Resin Coating Dow DERAKANE VE-470 with 1.2% methylethyl ketone peroxide and 0.4% cobalt naphthenate by weight	Revêtement en résine époxy acrylique Dow Derakane VE-470, avec 1,2% de peroxyde de méthylethyl-cétone, et 0,4% de naphthénate de cobalt (en poids)	Dow Chemical Co Midland Michigan 48640 USA	100%SdB 50%PIC 100%AD	-	MM
Epoxy phenolic, Polyurethane, sodium silicate, Silicon, Stainless steel acrylic emulsion, Acrylic emulsion, Vinyl acrylic emulsion, Epoxy emulsion, Cement/sand/silicate emulsion	Epoxy phénolique; polyuréthane; silicate de sodium; silicones; acier inoxydable; émulsion acrylique; émulsion vinyl-acrylique; émulsion de silicate avec sable et ciment	Various	SdB 10-24°C	Varied	Varied
Vinyl Ester Concrete 7.5 to 7.75 weight per cent resin mixed with dried graded aggregate	Béton d'époxy-acrylique Mélange de résine (7,5 à 7,75% en poids) avec granulats séchés à granulométrie fixée	Not stated	MH	WB	MM 0.25m ³ mixer
Epoxy Resin System (2 part) Bond coat: Fed.Spec.MMM-B-350B adhesive epoxy resin, Flexible Type II	Système de résine époxy à 2 composants Colle : résine époxy souple, type II, selon spécifications fédérales (MMM-B-350B)	Not stated	MH SdB	VB 9 litre batch	MM
Polyurethane Resin System (1 part) Joints : Monocaulk Facing : Polyurethane GS100, GS300, GS400	Système de résine polyuréthane à 1 composant Joints : Monocaulk Revêtement : polyuréthane GS100, GS300, GS400	Grove Specialities Inc Glendale California USA	WJ 5.5MPa	PB	-
Vinyl Ester Resin System Facing : Vinyl ester resin, elastomer modified + initiator + promoter + ground silica + TiO ₂ + carbon black filler	Système de résine époxy acrylique Revêtement: résine époxy acrylique modifiée avec un élastomère + additifs + granulats siliceux + TiO ₂ + noir de fumée + charges	Formulation: US Bureau of Reclamation Suppliers: Various	SdB AD	VB	MM

APPLICATION METHOD RATE OF APPLICATION					CURLING METHOD	PERFORMANCE EVALUATION	APPRECIATION DU COMPORTEMENT
PRIMER	1 st	2 nd	3 rd	4 th			
	MÉTHODES D'APPLICATION ÉPAISSEUR DES COUCHES				SURFACE REVÊTUE UTILISÉ	CONDITIONS DE DURCISSEMENT	APPRECIATION DU COMPORTEMENT
	1 ^{ère} couche	2 ^{ème} couche	3 ^{ème} couche	4 ^{ème} couche			
-	Tr	-	-	-	13m ²	MC	<p>After 2 years facing showed prominent random cracking with softening adjacent to cracks some disbonding</p> <p>Au bout de 2 ans, le revêtement montrait un important faihçage, avec ramollissement le long des fissures, et des décollements</p>
-	Tr	-	-	-	13m ²	WA	<p>After 2 years some minor random cracks had formed with some soft areas and rippled surface but in better condition than 50(b) or (c)</p> <p>Au bout de 2 ans, on notait un léger faihçage, quelques zones molles ou ridées, mais l'état est meilleur que sur les essais 50(b) ou (c)</p>
-	Br	-	-	-	-	Atmos	<p>After 2 years this coating was in good condition. In all cases 50(b)-(e) loss of bond occurred just below the facing/concrete interface</p> <p>Au bout de 2 ans, ce revêtement était en bon état. Dans les cas 50(b)-(e), on a observé des écaillages au-dessous de la surface de contact avec le béton</p>
-	Br Rr	-	-	-	-	Atmos	<p>Test duration too short. Most thin coatings unsuited to the exposure and application in wet conditions. Best after 2 years were Portland cement/sand/silicate emulsion and epoxy phenolic paint if applied dry</p> <p>Durée d'essai trop courte. La plupart des revêtements minces sont mal adaptés à l'humidité (exposition et application). Après 2 ans, le meilleur est celui à base d'émulsion de silicate avec sable et ciment, suivi de la peinture époxy-phénolique sur surface sèche</p>
-	Pav 25mm	-	-	-	160m ²	Atmos	<p>Trial showed concrete finishing machine to be feasible. Fine circular pattern cracks on surface and delamination below resin/concrete interface attributed to shrinkage during hardening</p> <p>L'essai a montré que la répanduseuse-finiisseuse à béton était utilisable. Un fin faihçage et des écaillages du béton support ont été attribués à un retrait au durcissement</p>
-	Br	-	-	-	-	MC	<p>Aspect: semblable au béton d'origine Comportement: satisfaisant au bout d'un an</p>
-	Spr	-	-	-	-	Atmos	<p>Finish: not stated Performance: Effective sealing after 6 years but facing progressively flaking and delaminating due to cold wet application conditions</p> <p>Aspect: non précisé Comportement: étanchéité toujours assurée au bout de 6 ans, mais écaillage et desquamations progressifs, attribués aux conditions d'application (froid et humidité)</p>
-	Br	-	-	-	230m ²	Atmos	<p>Not yet evaluated</p> <p>Pas encore apprécié</p>

Copyright © ICOLD - CIGB

Archives informatisées  *Computerized Archives*

*The General Secretary / Le Secrétaire Général :
André Bergeret - 2004*



**International Commission on Large Dams –
Commission Internationale des Grands Barrages
151 Bd Haussmann -PARIS -75008**