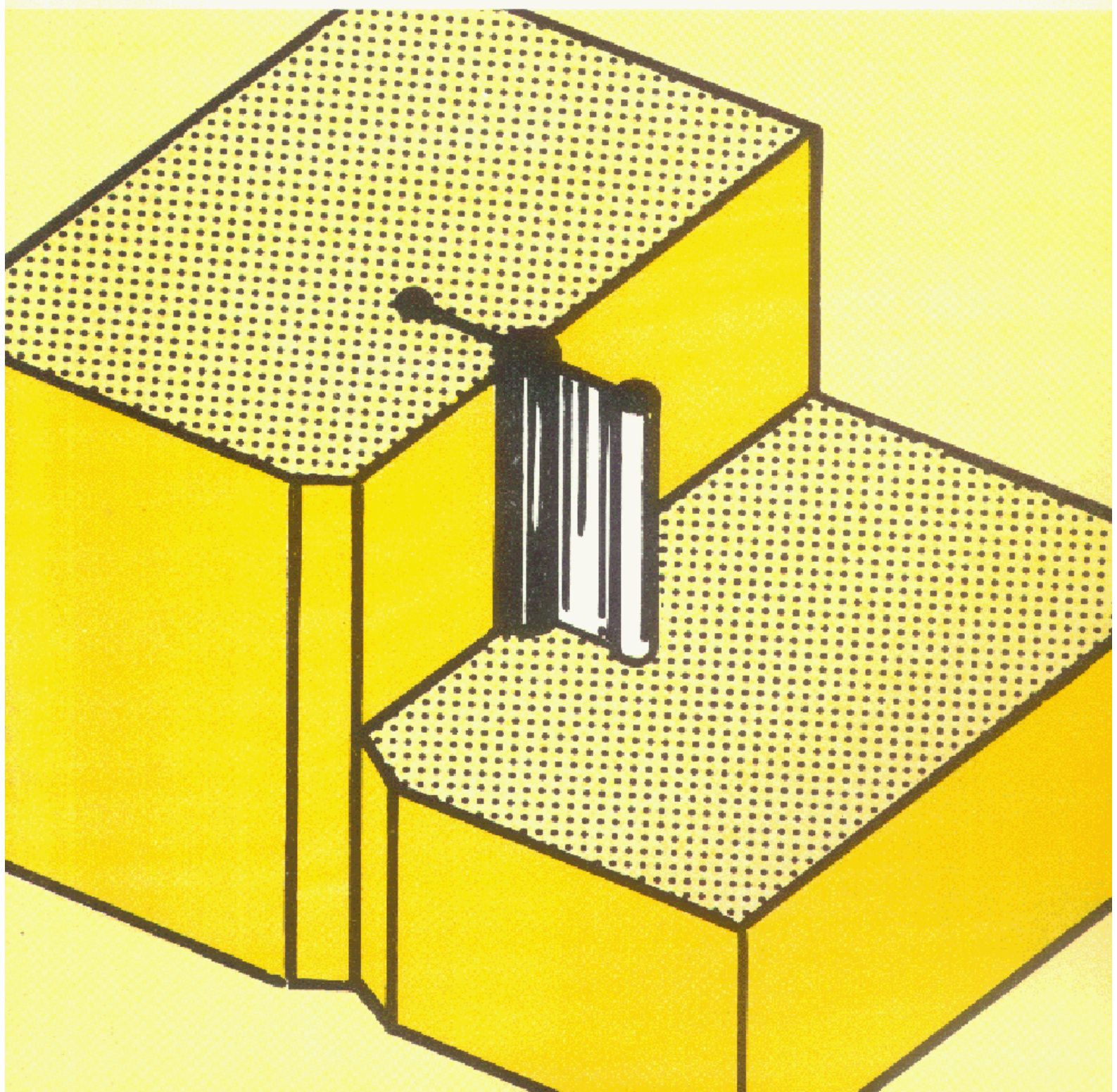


# MATERIALS FOR JOINTS IN CONCRETE DAMS

# MATÉRIAUX POUR JOINTS DANS LES BARRAGES EN BÉTON



BULLETIN 57  
1986



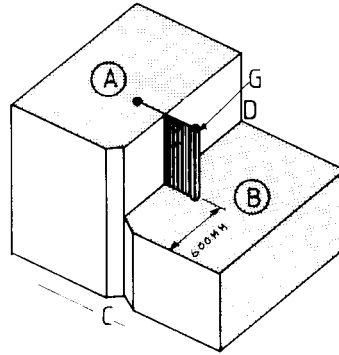


FIG.2

Fig. 2

*Isometric view of vertical joint with dumbbell waterstop*  
Vue perspective d'un joint vertical équipé d'un waterstop en haltère

*Report prepared by M. Donaldson (South Africa)  
for the Committee on Materials for Concrete Dams  
French translation : J.-P. Garbe (France)*

Rapport préparé par M. Donaldson (Afrique du Sud)  
pour le Comité des Matériaux pour Barrages en Béton  
Traduction française : J.-P. Garbe (France)

**MATERIALS FOR JOINTS  
IN CONCRETE DAMS**

**MATÉRIAUX POUR JOINTS  
DANS LES BARRAGES EN BÉTON**



**BULLETIN 57  
1986**

---

Commission Internationale des Grands Barrages  
151, bd Haussmann, 75008 Paris - Tél. : 47 64 67 33 - Télex : 641320 F (ICOLD)

---

**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.

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

1. INTRODUCTION	<b>4/5</b>
2. LES DIFFÉRENTS TYPES DE JOINTS	<b>8/9</b>
3. CHOIX DE TYPE ET DE MATÉRIAU	<b>10/11</b>
3.1. Propriétés mécaniques des joints	<b>10/11</b>
3.2. Évaluation des matériaux de joints	<b>12/13</b>
3.3. PVC, chlorure de polyvinyle	<b>12/13</b>
3.4. Caoutchouc naturel	<b>14/15</b>
3.5. Caoutchouc synthétique	<b>14/15</b>
3.6. Cuivre	<b>14/15</b>
3.7. Acier inoxydable	<b>16/17</b>
3.8. Acier galvanisé	<b>16/17</b>
3.9. Composés de bitume	<b>16/17</b>
4. SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES POUR MATÉRIAUX DE JOINTS D'ÉTANCHÉITÉ	<b>18/19</b>
4.1. PVC, chlorure de polyvinyle	<b>18/19</b>
4.2. Caoutchouc naturel	<b>20/21</b>
4.3. Caoutchouc synthétique	<b>20/21</b>
4.4. Cuivre	<b>22/23</b>
4.5. Acier inoxydable	<b>22/23</b>
4.6. Acier galvanisé	<b>22/23</b>
4.7. Composés de bitume	<b>22/23</b>
5. PRÉPARATION ET POSE	<b>26/27</b>
5.1. PVC et caoutchouc	<b>26/27</b>
5.2. Métal	<b>26/27</b>
5.3. Considérations générales	<b>28/29</b>
5.4. Composés de bitume	<b>32/33</b>
5.5. Waterstops de surface	<b>32/33</b>
6. ESSAI SUR UN WATERSTOP	<b>34/35</b>
RÉFÉRENCES	<b>36</b>
ANNEXES	<b>37</b>
● Spécifications techniques	<b>38</b>
● Figures	<b>40</b>

---

## TABLE OF CONTENTS

---

1. INTRODUCTION	
2. TYPES OF JOINTS	
3. SELECTION OF TYPE AND MATERIAL	
3.1. Properties of seals	
3.2. Evaluation of sealing materials	
3.3. Polyvinyl chloride, PVC	
3.4. Natural rubber	
3.5. Synthetic rubber	
3.6. Copper	
3.7. Stainless steel	
3.8. Galvanized steel	
3.9. Bitumen compounds	
4. SPECIFICATIONS FOR JOINT SEALING MATERIALS	
4.1. Polyvinyl chloride, PVC	
4.2. Natural rubber	
4.3. Synthetic rubber	
4.4. Copper	
4.5. Stainless steel	
4.6. Galvanized steel	
4.7. Bitumen compounds	
5. PREPARATION AND INSTALLATION	
5.1. PVC and rubber	
5.2. Metal	
5.3. General considerations	
5.4. Bitumen compounds	
5.5. Surface type waterstops	
6. PRACTICAL TEST OF WATERSTOP	
REFERENCES	
APPENDICES	
● List of specifications	
● Figures	

---

# 1. INTRODUCTION

---

Les joints sont un élément indispensable dans tout ouvrage au sein duquel des transformations dimensionnelles peuvent vraisemblablement se produire. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne les barrages en béton dont la nature et le comportement peuvent entraîner l'apparition de fissures plus ou moins importantes si des joints ne sont pas prévus pour tenir compte de ce phénomène. Une telle fissuration peut fréquemment se prolonger sur l'ensemble de la plus courte section horizontale du mur ouvrant ainsi un passage aux fuites d'eau. Les fissures résultent de l'apparition de tractions élevées dans le béton lui-même, dues à une ou plusieurs causes, dont les plus importantes sont présentées ci-dessous :

La résistance du béton résulte de l'hydratation du ciment et du laitier ainsi que des réactions pouzzolaniques dans le mélange, auxquelles il faut ajouter le rôle joué par les éléments tels le soufre et ses polymères, là où ils sont employés, qui sont à l'origine d'une élévation considérable de la température suivie de refroidissement et de perte d'eau du matériau. Le résultat direct est la contraction du béton qui mène au développement de forces qui, selon toute évidence, augmentent en fonction du volume de l'élément en béton coulé en masse. Bien que la technologie moderne ait introduit des techniques pour réduire les effets de la chaleur, de l'hydratation et du séchage, il n'en reste pas moins vrai qu'il se produira toujours une certaine contraction. Il s'avère donc indispensable de découper la structure de béton en plusieurs plots de sorte que la contraction de chaque plot ne dépasse pas des limites tolérables.

Le déroulement même des travaux de construction peut également engendrer de fortes tensions, comme par exemple dans le cas de grands barrages en béton à double courbure où le coulage ultérieur des plots intermédiaires peut développer de fortes tensions verticales d'encastrement au sein même des plots coulés en première phase.

Les variations périodiques de températures peuvent être importantes et ainsi engendrer de fortes tensions qui sont à l'origine de la fissuration. Ceci est tout particulièrement valable pour des barrages en hautes altitudes, où les variations de la température ambiante peuvent aller de 50 °C pour les maxima à 25 °C pour les minima. Par conséquent, il devient indispensable de prévoir des joints pour pallier les « déplacements » dus aux changements de température.

La surcharge que représente le mur du barrage sur les fondations ainsi que l'eau de la retenue peuvent provoquer un tassement de ces fondations qui, à leur tour, peuvent provoquer une traction dans le mur et éventuellement des fissures. Là encore, des joints peuvent être prévus pour pallier ce genre de déplacements, s'ils devaient se produire.

Lorsque la surface de contact entre deux levées de béton n'a pas été préparée avec soin, ou encore en cas d'intervalle de temps trop long entre levées, il se peut que la liaison entre les deux levées soit mauvaise. En pareil cas, cette zone peut présenter des fuites d'eau.

Pour minimiser les effets produits par la chaleur d'hydratation et par le mouvement relatif, les barrages en béton sont coulés par plots alternés de sorte qu'un maximum de contraction puisse se produire avant que ne soient coulés les éléments intermédiaires ou plots suivants.

---

# 1. INTRODUCTION

---

Joints are a necessary part of any large construction where dimensional changes within the structure are likely to occur. This is particularly true for concrete dams where as a result of the nature and behaviour of the material of their construction, they may suffer cracking to a greater or lesser degree unless joints are provided to control these problems. Such cracking can frequently extend throughout the shorter horizontal dimension of the wall thus providing a passage for the leakage of water. Cracking is the result of the development of excessively large stresses in the concrete itself due to one or more causes, the most important of which are listed below :

The development of strength in concrete is due to the hydration of the cement and slag, and pozzolanic reactions in the mixture as well as impregnants such as sulphur and polymers, where applicable, during which process considerable heat is generated, followed by cooling and drying of the material. The net result is contraction of the concrete which leads to the development of stresses which obviously become more severe the larger the mass of concrete that is cast monolithically. Even though modern technology has introduced techniques for reducing the effects of heat of hydration and of drying, some contraction will always occur and it is necessary to divide the concrete structure into blocks so that the contraction within each block will be within tolerable limits.

Construction procedures and sequence may also lead to the development of large stresses as for example in the case of double curvature concrete dams where the casting of intermediate blocks at a later stage can lead to the development of high vertical cantilever stresses in the initial blocks.

Periodic thermal variations may be large and can thus give rise to large stresses which cause cracking. Especially where dams are located at very high altitudes the seasonal difference in ambient temperature may be as high as 50 °C with minimum temperatures in the region of minus 25 °C. The provision of joints to accommodate the movement caused by temperature changes is therefore also necessary.

The additional loading placed on the foundation by the wall and the impounded water may cause settlement of the foundations which in turn will stress the wall and possibly cause cracking. Again joints can be provided to accommodate this type of movement if it should occur.

When the horizontal interface between two successive vertical lifts of concrete has not been properly prepared, or there has been a long interval between lifts, a good bond between the two lifts may not occur and leakage of water can take place in this area.

To minimise the effects of both heat of hydration and relative movement, concrete dams are cast in alternate blocks or monoliths so that as much of the contraction as possible can take place before the intermediate or filler blocks are poured.

Ces joints servent également à réduire les tensions dues à d'autres phénomènes, mais il se peut parfois que d'autres joints soient nécessaires.

Pour éviter ou pour limiter les fuites d'eau le long des joints, il faut prévoir un système d'étanchéité en travers des joints pour empêcher un écoulement excessif sur toute leur longueur. Ces éléments de scellement doivent être suffisamment robustes pour résister tant à la pression d'eau, qu'à un traitement assez rude durant l'exécution des travaux, être assez déformables pour s'adapter aux mouvements relatifs entre plots, et d'une longévité suffisante pour assurer ces fonctions pendant toute l'existence du barrage en béton qui peut atteindre plus d'un siècle.

En règle générale, ces systèmes d'étanchéité sont appelés « waterstops ». Sur les barrages, type gravité ou poids, ils sont généralement placés près de la face amont, mais aussi près de la face aval des sections des évacuateurs de crue. En ce qui concerne les barrages, type voûte, nettement moins épais, ils peuvent être placés près des faces amont et aval, auquel cas, ils peuvent aussi jouer un rôle de confinement des injections de joints entre plots. Ces « waterstops » sont également utilisés : — autour des galeries intérieures au sein même du mur du barrage, pour faire échec aux fuites et, — de pair avec les injections, dans les prises d'eau et restitutions des stations hydroélectriques construites dans le barrage.

Normalement, des « waterstops » de confinement sont utilisés lorsque la conception du barrage requiert des injections sous pression dans les joints de construction entre plots afin de remplir les espaces et créer ainsi une structure monolithique pouvant transmettre la charge d'eau par effet de voûte jusqu'aux fondations. Ils sont également utilisés autour des galeries ou tunnels pour empêcher toute infiltration de coulis.

Les différents matériaux qui peuvent être utilisés pour exécuter les joints d'étanchéité sont les chlorures de polyvinyle, les caoutchoucs naturels et synthétiques, le cuivre, l'acier inoxydable, les composés de bitume, alors que dans le passé on utilisait de la corde, du chanvre et même du plomb ou du bois. L'injection de ciment, lorsqu'elle a pour but de lier les plots entre eux, joue également un rôle secondaire d'étanchéité. Les injections chimiques peuvent également être employées pour réparer les fuites des joints existants.

Le but du présent rapport est de fournir des références quant aux propriétés, au traitement et à la mise en œuvre des différents matériaux qui peuvent être utilisés pour les joints d'étanchéité dans les barrages en béton. Toutes les informations qui sont fournies ont également pour objectif de permettre aux concepteurs et aux ingénieurs, chargés de l'entretien, de choisir le matériau qui sera le plus approprié, comme elles devront être un guide quant au traitement et à la mise en œuvre du matériau.



These joints also serve to alleviate the stresses due to the other causes, but some additional joints may be required.

To avoid or limit the passage of water along joints, it is necessary to provide a seal across the joint to prevent excessive flow of water along it. Such seals must be strong enough to withstand rough treatment during construction and the head of water, flexible enough to accommodate relative movement between the monoliths, and durable enough to be effective during the lifetime of the structure which in concrete dams can be more than 100 years.

These seals are usually referred to as waterstops, and in gravity dams they are most commonly installed near the upstream face, but also near the downstream faces of spillway sections. In thinner arch dams they may be placed near both the upstream and downstream faces in which event they may also act as groutstops. Waterstops are also used around internal passages in dam walls to stop leakage and, in conjunction with grouting, in the intake and tailrace sections of power stations built into the dam.

Normally separate groutstops are used when the design of the dam calls for the injection of grout under pressure into the void between construction interfaces in order to fill up the space and create a monolithic structure capable of transmitting water loads by arch action to the foundation abutments. They are also used around galleries to prevent ground ingress.

The various materials which may be used for joint sealing include polyvinyl chlorides, natural and synthetic rubber, copper, stainless steel, bituminous compounds, while rope and hemp and even lead and wood have been used in the past. Cement grout when used to obtain monolithic action performs a secondary sealing action. Chemical grout may also be used to repair existing leaking joints.

This report is intended to provide a reference to the properties, treatment, and installation of the various materials that may be used for joint sealing in concrete dams. The information provided is also intended to enable design and maintenance engineers to select the most appropriate material as well as providing a guide for the treatment and installation of the material.

---

## 2. LES DIFFÉRENTS TYPES DE JOINTS

---

**La surface de reprise :** La surface de reprise, toujours horizontale, est la surface de contact entre deux levées successives, sur laquelle il est désirable d'assurer et de maintenir une liaison entre les levées, et au travers de laquelle les armatures d'acier, s'il doit y en avoir, ne sont pas interrompues.

**Le joint de construction :** C'est un joint incliné ou vertical rendu nécessaire par des considérations pratiques d'exécution des travaux. Le ferrailage, s'il existe, n'est pas interrompu en travers du joint.

**Le joint de contraction :** C'est un joint moulé, scié ou de simple contact dans une structure de béton, qui devient intentionnellement un plan de faiblesse de sorte qu'on contrôle l'emplacement d'une fissure qui résultera de la variation dimensionnelle et de la contraction des parties adjacentes de la structure en béton. Tout ferrailage, dans le cas où il y en aurait, est alors interrompu.

**Le joint de dilatation :** Il s'agit d'une séparation entre les parties contiguës d'une structure en béton dans laquelle est introduite une membrane déformable dont la raison d'être est d'absorber les changements de dimension des plots dus aux variations de température et aux autres déplacements, et ceci de façon régulière et permanente.

**Le joint d'isolation :** Il s'agit d'une séparation entre les parties contiguës d'une structure en béton, et ceci généralement dans un plan vertical, à un endroit qui gêne le moins le travail de la structure afin de limiter le mouvement à la partie spécifique où naît ce mouvement, par exemple dans le cas d'une section affaiblie de la fondation.

**Le joint de contrôle :** Il s'agit d'une section verticale affaiblie dont le but est plus de déterminer à l'avance l'endroit où se produira une fissure que de permettre aux fissures de se former au hasard. On obtient une portion dite « affaiblie » en coupant ou enlevant 50 % des armatures d'acier qui traversent le joint. De plus, on peut pratiquer des saignées sur les surfaces extérieures du mur. Des plaques de métal peuvent également être glissées dans la partie centrale pour assurer le plan d'affaiblissement. Si la fissure devait s'agrandir, la rugosité des agrégats le long de ses faces serait suffisante pour offrir une résistance au cisaillement. Cette technique n'est généralement pas utilisée de nos jours.

**Joint sec :** Un joint sec est un joint accidentel qui résulte d'un retard à la mise en place du béton.

---

## 2. TYPES OF JOINTS

---

**Horizontal Lift Joint :** The surface where two successive placements of concrete meet and across which it is desirable to develop and maintain bond between the two layers and through which any reinforcement which may be present, is not interrupted and in which in normal concrete dams no sealing materials are placed.

**Construction Joint :** is an inclined or vertical joint which is introduced to facilitate the practical execution of the construction. Reinforcement, if used, should be continuous through the joint without interruption.

**Contraction or Monolithic Joint :** is a formed, sawed or bondless joint in a concrete structure deliberately formed so as to create a weakened plane thereby regulating the location of the cracking which results from the dimensional change and contraction of adjacent parts of the concrete structure. Reinforcement, if any, is interrupted.

**Expansion Joint :** is a separation between adjoining parts of a concrete structure where a flexible membrane is incorporated, provided to accommodate volumetric changes in the monoliths or blocks due to temperature various and other movements, on a regular and permanent basis.

**Isolation Joint :** is a separation between adjoining parts of a concrete structure generally in a vertical plane, and at a location such as to interfere least with performance of the structure in order to limit movement to the particular section where it has been generated, e.g. a weak foundation section.

**Control Joint :** a weakened vertical section for the purpose of predetermining the crack location rather than allowing cracks to form at random. The weakened section is provided by cutting 50 % of any reinforcing steel passing through the joint. In addition grooves may be cut on the outer faces of the wall and metal plates may be embedded in the centre portion to establish the plane of weakness. Should the crack develop, the roughness of the aggregate along the crack will be sufficient to resist shear. This technique is not generally used today.

**Cold Joint :** an unscheduled joint resulting from a delay in placing concrete.

---

### 3. CHOIX DU TYPE DE JOINT ET DU MATÉRIAU

---

Étant donné que la plupart des « waterstops » ou des joints d'étanchéité seront enfouis dans la masse coulée ultérieurement, il est très important de faire un choix correct du type et du matériau afin de s'assurer que le barrage restera imperméable pendant toute son existence. Dans ce contexte, l'étanchéité est définie comme étant une limitation des fuites en quantité et position, définies par le Maître d'Ouvrage/d'Œuvre dont la responsabilité est de déterminer les limites acceptables. On devra non seulement tenir compte des conditions de travail du « waterstop », mais aussi de la probabilité d'un endommagement qui pourrait se produire au cours du positionnement et des travaux de construction. Il faut garder en mémoire les conditions locales et en déduire les impératifs pour chaque cas spécifique.

#### 3.1. PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DES JOINTS

Certaines des propriétés les plus évidentes, que doivent présenter des joints satisfaisants, sont énumérées ci-dessous :

Le « waterstop » doit présenter une résistance suffisante (à la traction et au cisaillement) pour demeurer intact sous l'effet des efforts qui lui sont imposés par le mouvement relatif des faces du joint et par la pression d'eau maximale qui peut se développer à l'endroit où il est situé.

Le « waterstop » doit être assez déformable pour s'adapter aux mouvements relatifs qui sollicitent le joint sans se briser ou arracher ses ancrages.

Les éléments métalliques seront d'une épaisseur adéquate ou seront recouverts d'une couche de peinture anti-corrosive.

Les matériaux non métalliques devront être durables, c'est-à-dire qu'ils ne devront pas se détériorer gravement pendant toute la durée d'existence du barrage.

Les matériaux non métalliques qui seront exposés tels les plastiques ou les caoutchoucs, seront vraisemblablement attaqués rapidement par le soleil et les conditions atmosphériques. Par conséquent, lorsqu'une telle exposition sera vraisemblable durant la période de construction ou après, il faudra prévoir une protection spéciale.

Le matériau ne devra pas être susceptible de présenter de réaction chimique au contact du béton, par exemple une réaction entre le zinc et les composants du ciment, qui pourrait entraîner un affaiblissement du béton.

Il est préférable que le matériau adhère au béton, là où il sera en contact ou noyé dans ce dernier pour éviter des écoulements d'eau à la périphérie du « waterstop ».

Le « waterstop » devra être conçu de telle sorte qu'il permette le serrage du béton adjacent.

Le matériau du « waterstop » sera résistant aux attaques des produits chimiques contenus dans l'eau.

---

### 3. SELECTION OF TYPE AND MATERIAL

---

As most waterstops or seals are covered by subsequent construction it is most important that the correct choice of type and material is made to ensure that the dam will remain watertight throughout its life. In this context watertightness is defined as restricting seepage to the amounts and locations specified by the owner/designer who has the responsibility of determining acceptable limits. Not only must the operating conditions of the seal be considered, but also the likelihood of damage during placement and construction. The requirements for each situation must be determined bearing local conditions in mind.

#### 3.1. PROPERTIES OF SEALS

Some of the more obvious properties of good seals are listed below :

The seal must have sufficient strength (tensile and shear) to remain intact under the stresses imposed by the relative movements across the joint and under the maximum water pressure which may occur at the point of installation.

The seal must have adequate flexibility to accommodate the relative movement across the joint without rupturing or pulling out its anchorages.

Metals should have adequate thickness or a protective coating to prevent corrosion.

Non-metallic materials should be weather-resistant, i.e. should not deteriorate seriously during the life of the dam.

Exposed non-metallic materials such as plastics or rubbers are likely to deteriorate rapidly when exposed to sunlight and atmospheric conditions, therefore, if such exposure is likely to occur in use or during construction special protection will be required.

The material should not be subject to chemical reaction with the concrete, e.g. reaction between zinc and cement products which can weaken the concrete.

The material should preferably bond with the concrete where contact or embedment occurs to prevent water flow round the edges of the seal.

The seal must be so designed as to permit consolidation of the concrete adjacent to the seal.

The material of the seal must be resistant to attack by chemicals which may be contained in the water.

De même, le matériau résistera à toute attaque biologique qui pourrait se produire à l'endroit où il est mis en œuvre.

Les matériaux pour joints utilisés près des surfaces de l'ouvrage où ils peuvent être affectés par toute la gamme de températures devront conserver toutes leurs propriétés sur l'ensemble de cette gamme, et ne pas devenir fragiles à basse température ni ramollis à haute température.

### **3.2. ÉVALUATION DES MATÉRIAUX DE JOINTS**

Il faudra se rendre compte que peu de matériaux répondent à tous ou à la plupart, de ces critères. Certaines de ces propriétés peuvent être facilement testées par observation ou par essais mais, dans beaucoup de cas, il faudra se référer à la tenue du matériau dans la pratique.

Il y a eu malheureusement peu de cas d'études de l'état de « waterstops » utilisés dans des barrages. Par conséquent, il faut se reposer sur le fait que certains types de « waterstops » ont à leur actif de « bons et loyaux services », par exemple si aucun échec n'a été enregistré avec ces catégories. De nouveaux matériaux sont constamment étudiés et il se peut que certains d'entre eux s'avèrent être excellents pour des joints d'étanchéité. Selon toute évidence, il faudra plusieurs années d'utilisation avant que ne s'installe une confiance suffisante pour qu'ils soient mentionnés dans un document comme celui-ci.

Pour des raisons économiques et pratiques, certains ont une préférence pour les « waterstops » en cuivre, d'autres utilisent l'acier inoxydable et le cuivre avec une préférence pour le premier matériau étant donné la grande rigidité des « waterstops » en acier pendant le serrage du béton. D'autres entreprises ont utilisé l'acier inoxydable et le caoutchouc avec une préférence pour ce dernier, parce que le caoutchouc risque moins d'être endommagé au cours des travaux de construction.

Au cours des vingt dernières années, l'utilisation du chlorure de polyvinyle (le PVC) et du caoutchouc naturel ou synthétique n'a cessé d'augmenter jusqu'à ce qu'ils deviennent les matériaux prédominants d'usage courant. Il est fort peu probable que d'autres matériaux soient utilisés dans un grand barrage en béton à l'heure actuelle (1984). Le PVC est quelquefois employé pour les « waterstops » au lieu du caoutchouc naturel parce que le caoutchouc naturel ne respecterait pas les exigences applicables de résistance à l'ozone.

Il faudra peut-être faire encore des recherches dans ce domaine pour déterminer quels sont les matériaux comme les formes les mieux adaptés pour faire les joints destinés aux différents usages dans les grands barrages.

### **3.3. LE CHLORURE DE POLYVINYLE (PVC)**

Les initiales « PVC » sont l'appellation générique donnée à un nombre de formules qui varient en qualité. Selon la quantité et le type d'agent plastifiant utilisé, la résistance au vieillissement peut varier énormément. Des progrès récents aussi bien dans la fabrication que dans les spécifications techniques du PVC ont augmenté la confiance des Ingénieurs Conseils dans l'emploi de ce matériau pour les « waterstops » pour grands barrages. Néanmoins, certains ingénieurs de bureaux d'études

The material must similarly be resistant to any biological attack which is likely to occur in the location where it is used.

Sealing materials used near the surfaces of the wall where they can be affected by the full temperature range should retain their properties throughout the range and not become brittle at the lower temperatures nor soften at the high end of the range.

### **3.2. EVALUATION OF SEALING MATERIALS**

It will be realized that not many materials comply with all or most of the above requirements. Some of these properties can be fairly easily established by observation or test but in many cases reliance must be placed on performance in practice.

Unfortunately there have been very few opportunities to study the conditions of seals which have been in use in dams and therefore great reliance must be placed on the fact that certain types of seal have a good service record, i.e. there are no recorded failures with these types. New materials are continually being developed and some of these may prove to be excellent materials for seals, but it will obviously take several years of usage before there is enough confidence in their suitability to list them in a publication such as this.

For economic and practical reasons some organizations have a preference for copper waterstops, other use both stainless steel and copper preferring the former because of the greater rigidity of the steel seal during the consolidation of the concrete. Other organizations have used stainless steel and rubber with a preference for the latter because rubber is less likely to be damaged during construction operations.

During the past 20 years the use of polyvinyl chloride (PVC) and natural and synthetic rubber has continually increased until they are the predominant materials in current use and it is unlikely that other materials would be used in a major concrete dam at the present time (1984). PVC is sometimes used for waterstops in lieu of natural rubber because natural rubber will not comply with the established ozone requirements. Further research in this field may be necessary to determine the most suitable materials and shapes of seals for the different large dam applications.

### **3.3. POLYVINYL CHLORIDE (PVC)**

PVC is the generic name for a number of formulations which vary in quality. Depending on the quantity and type of plasticizer used, the resistance to ageing can vary widely. Recent advances in the manufacturing of as well as specifications for PVC have increased design engineers' confidence in the use of this material for waterstops in large dams, but some designers still have reservations about its behaviour under very high heads i.e. in excess of 200 m.

font encore des réserves quant à son comportement sous de très fortes pressions d'eau (au-dessus de 200 m).

Ses qualités propres, c'est-à-dire sa longévité, son élasticité, sa maniabilité ainsi que des considérations économiques en ont fait un matériau de large utilisation pour cet usage. Il se laisse également moins facilement endommager que le cuivre ou les autres métaux. Néanmoins, le PVC est moins élastique que le caoutchouc naturel, mais il peut supporter d'assez importants déplacements à condition que le « waterstop » ait la forme voulue, par exemple s'il s'agit d'un élément à bulbe central.

L'adhérence entre le béton et le PVC n'est pas très satisfaisante. L'étanchéité dérive de la pression de contact du matériau dans son logement de béton. Il a le sérieux inconvénient de devenir fragile et sujet à des fissures sous contrainte à basses températures telles que celles rencontrées en grandes profondeurs dans les barrages remplis par la fonte des neiges (peut descendre à 6 °C).

### **3.4. LE CAOUTCHOUC NATUREL**

Tout comme le PVC, le caoutchouc naturel présente l'avantage de ne pas se laisser facilement endommager au cours des travaux de construction. Les essais ont démontré qu'étant donné son élasticité, le caoutchouc naturel était le matériau adéquat pour la fabrication de « waterstops » utilisés aux endroits où l'on pouvait prévoir un fort mouvement relatif n'excédant pourtant pas 50 mm, comme par exemple sur les faces amont en béton des barrages en remblai. Néanmoins, le caoutchouc naturel est nettement plus onéreux que le PVC, et de plus son collage est plus difficile à réaliser. De plus, le caoutchouc naturel résiste très mal à l'ozone.

### **3.5. LE CAOUTCHOUC SYNTHÉTIQUE**

Certains facteurs tels l'élasticité et la résilience ont fait que les caoutchoucs synthétiques ont été moins utilisés dans le passé que le caoutchouc naturel pour la fabrication des « waterstops » pour les barrages en béton. Son utilisation se développe maintenant de plus en plus et, pour certains utilisateurs, il est considéré comme étant supérieur au PVC à cause de sa forte résistance à l'usure et parce qu'il ne devient pas fragile à basses températures; ceci, tout en présentant les mêmes caractéristiques mécaniques à la traction que le PVC. Pourtant, le désavantage des caoutchoucs synthétiques est la difficulté d'exécuter les rabouages sur les chantiers parce que cette opération nécessite une polymérisation à haute température et sous pression pendant des durées importantes.

Les fabricants de « waterstops » se livrent actuellement à des expériences sur un mélange PVC et caoutchoucs synthétiques.

### **3.6. LE CUIVRE**

Jusqu'à une période récente, on utilisait très souvent une bande de cuivre d'une épaisseur de 2 à 3 mm pour fabriquer les « waterstops ». De nos jours, le cuivre est plus onéreux que le PVC et il demande en outre une manutention, une soudure et



Its inherent qualities of durability, elasticity, ease of handling, as well as economic considerations have led to its wide use for this purpose. It is also less easily damaged than copper or other metal stops. PVC is, however, less elastic than natural rubber, but can accommodate a reasonable amount of movement provided that the seal has the correct shape, e.g. a centre bulb waterstop. The bond between the concrete and PVC is not very good and the sealing action is by wedging the stretched material into the concrete boundary. A serious disadvantage is that the material becomes very brittle and liable to crack under strain at low temperatures such as may be experienced at depth in dams filled by melting snow (as low as 6 °C).

#### **3.4. NATURAL RUBBER**

Natural rubber like PVC has the advantage of not being easily damaged during construction. Because of its elasticity, tests have shown natural rubber to be a suitable material for waterstops where a high amount of relative movement but not exceeding 50 mm, can be expected such as the upstream concrete facings of embankment dams. It is, however, considerably more expensive than PVC and in addition, is more difficult to join. Moreover natural rubber typically has poor resistance to ozone.

#### **3.5. SYNTHETIC RUBBER**

Because of a number of factors including elasticity and resilience, synthetic rubbers have in the past not been used to the same extent as natural rubber for the manufacture of waterstops for use in concrete dams. Its use is now becoming more widespread and in some quarters it is considered better than PVC because it has a high resistance to ageing and does not become brittle at low temperatures, while having the same tensile strain and strength characteristics as PVC. The disadvantage of synthetic rubbers is, however, the difficulty of making joints on site as this operation requires polymerization at high temperatures under pressure for considerable periods. Experiments with combinations of PVC and synthetic rubbers are being carried out by waterstop manufacturers.

#### **3.6. COPPER**

Copper strip with thicknesses of the order of 2 to 3 mm was until quite recently, extensively used as a material for the manufacture of waterstops. It is today more expensive than PVC and requires greater care in handling, jointing and installation.

une pose beaucoup plus délicates. L'exécution des soudures pendant la construction est compliquée et il est difficile d'assurer qu'elles ont été faites avec le soin nécessaire, particulièrement dans la zone vitale des soufflets. De plus, il est très sensible aux impacts pendant la mise en place du béton. Néanmoins, son utilisation peut encore être préférée dans le domaine des très grands barrages.

### **3.7. L'ACIER INOXYDABLE**

Étant donné que l'acier inoxydable est résistant à la corrosion et que c'est un matériau solide, il a été utilisé pour la fabrication des « waterstops » avec un certain succès. Des bandes de 225 mm à 375 mm de largeur et d'une épaisseur pouvant atteindre 1 mm ont fait leurs preuves.

L'acier inoxydable est plus rigide que le cuivre et restera donc plus facilement en position, durant son enrobage dans le béton, que le cuivre. Néanmoins, il est plus difficile à souder et son prix initial est élevé. Son utilisation actuelle est généralement limitée aux « waterstops » de surface, et, dans ce cas, il sert plus de bande de fixation que d'élément d'étanchéité.

### **3.8. L'ACIER GALVANISÉ**

Il s'agit là d'un matériau inférieur pour qui voudrait l'utiliser pour la fabrication de « waterstops » pour barrages en béton, il ne devrait être employé qu'à titre temporaire, telle l'étanchéité de batardeaux en béton. Les « waterstops » sont fabriqués et posés comme ceux qui sont en cuivre. Afin d'éviter toute réaction chimique indésirable, et avant qu'ils ne soient placés dans le béton, les « waterstops » en acier galvanisé doivent être recouverts d'une couche de peinture anti-corrosive appropriée, tel du goudron-epoxy.

L'acier sans protection est utilisé plus couramment pour les enclôtures d'injection.

### **3.9. COMPOSÉS DE BITUME**

Les composés de bitume sont utilisés comme éléments secondaires d'étanchéité de pair avec les « waterstops ». Il faut faire très attention et s'assurer que le bitume est bien compatible avec les autres matériaux de scellement qui sont utilisés, tels que par exemple le caoutchouc. Il faut également se souvenir que le bitume est un matériau visqueux qui, utilisé sans le secours d'un joint étanche fait d'un autre matériau, peut être refoulé par la pression d'eau.

Dans certains cas, ces joints secondaires d'étanchéité prévoient des dispositifs de réchauffage du bitume. Ceci permet d'entretenir et de réparer constamment les joints bitumineux pendant toute l'existence du barrage.

Le bitume est également employé pour remplir le pli des feuillures de cuivre. De même, il est possible de s'en servir pour enduire certaines sections de celles-ci.

*N.B.* : Alors que les injections sont utilisées pour réparer des joints qui fuient, celles-ci ne sont pas considérées comme étant un moyen de premier ordre pour étancher les joints de construction. Durant les travaux, on fait souvent appel aux injections pour remplir les joints afin d'obtenir un monolithisme de la structure. Tout en réduisant l'écoulement au travers du joint, ce rôle reste néanmoins secondaire.

Welding procedures during construction are complicated and it is difficult to ensure that it has been carried out properly, especially in the vital bellows area. Furthermore, it is very vulnerable to impact during concrete placement. Nevertheless in very high dams its use may still be preferred.

### **3.7. STAINLESS STEEL**

Stainless steel being corrosion resistant and strong has been satisfactorily used as a waterstop material. Strips 225 mm to 375 mm wide and up to 1 mm thickness have proved satisfactory. Stainless steel is more rigid than copper and will therefore, during embedment, stay in position more easily than copper. It is, however, more difficult to join and high in initial cost. Its present day use would generally be limited to surface waterstops in which event its use is more as a holding down strip rather than as a sealing material.

### **3.8. GALVANIZED STEEL**

This is an inferior material for use as a waterstop in concrete dams and should only be used in a temporary capacity such as concrete cofferdams. The waterstops are formed and installed in the same manner as copper waterstops. Galvanized steel waterstops must be coated with a suitable corrosion-resistant coating, such as epoxy coal tar, before placing in concrete in order to avoid undesirable chemical reactions. Uncoated steel is more commonly used for grout stops.

### **3.9. BITUMEN COMPOUNDS**

Bitumen compounds are used as secondary seals in conjunction with waterstops. Care must be exercised to ensure that the bitumen is compatible with other sealing materials that are used, e.g. rubber. It must also be remembered that bitumen is a viscous material which, if used without a physical seal of another material, may be squeezed out by the water pressure.

In some cases such secondary seals include provision for reheating of the bitumen. This permits for the continued maintenance and repair of the bitumen seals throughout the life of the dam.

Bitumen is also used to fill in the fold formed in copper strips as well as coating portion of the strip.

**Note :** While grout is used for the repair of leaking joints, it is not considered as a primary means of sealing construction joints. During construction cement grout is often used to fill joints to promote the monolithic action of the whole structure and while it may reduce waterflow in the joint, this is only a secondary role.

---

## 4. SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES POUR MATÉRIAUX DE JOINTS D'ÉTANCHÉITÉ

---

Dans la précédente partie de cet exposé, référence a été faite aux propriétés générales de certains matériaux. Pourtant, dans chacun de ces groupes de matériaux, les propriétés peuvent varier de façon sensible selon leur composition, la méthode de fabrication et le traitement ultérieur du genre recuit ou vulcanisation, etc. Il est donc indispensable de bien préciser le matériau exigé pour la fabrication des « waterstops » ou pour réaliser l'étanchéité. A cet effet, on établira des cahiers des charges visant les performances du matériau ou ses propriétés. Dans certains pays, il existe des normes nationales, telles les British Standards (Royaume-Uni), les « ASTM » (États-Unis) et les DIN (Allemagne Fédérale). Certains grands organismes de construction ont même leurs propres descriptifs techniques, tel le « Génie Militaire de l'Armée des États-Unis » (US Army Corps of Engineers - USACE) et le United States Bureau of Reclamation (USBR).

Il faut se souvenir qu'une simple liste donnant des propriétés physiques avec les valeurs numériques correspondantes, à respecter par un matériau, n'est pas suffisante. Il faut spécifier de plus, la méthode d'essai qui devra être appliquée pour mesurer et apprécier cette valeur. C'est ainsi qu'il est parfois possible de constater des valeurs différentes pour des caractéristiques bien connues. Ces contradictions ne se rapportent pas tellement aux différences de qualité du matériau, mais plutôt aux différences entre les méthodes d'essais appliquées pour mesurer ladite qualité. Ainsi, si l'on adopte les « British Standards » — normes britanniques — en matière de spécifications techniques, les valeurs présentées devront découler d'essais « British Standards » et non d'essais « ASTM » et vice versa.

Dans un rapport tel que celui-ci, il est évident qu'il n'est pas possible de donner une explication détaillée de chaque spécification. Le but est plutôt de présenter une liste des spécifications connues, qui mette en relief certains points saillants, ainsi qu'une liste des propriétés requises tirée d'une spécification pour indiquer la qualité du matériau désiré.

### 4.1. LE CHLORURE DE POLYVINYLE (PVC)

Les « waterstops » en PVC seront fabriqués en chlorure de polyvinyle, auquel seront ajoutés les agents de stabilisation et de plastification adéquats mais qui ne contiendront aucun additifs de remplissage ou matériaux de second ordre ou de rejet. Le PVC devra faire l'objet de tests de qualité pour s'assurer que c'est bien la formule requise qui est livrée. Le PVC se détériore lorsqu'il est exposé aux facteurs atmosphériques notamment une exposition directe à la lumière solaire.

Les essais requis pour déterminer les propriétés indispensables sont, entre autre, spécifiés dans les normes « DIN 53455, DIN 16938, DIN 53476 et SIA 280 » en Autriche et en Allemagne Fédérale; par les normes « BS 903 et BS 2571 » en ce qui

---

## 4. SPECIFICATIONS FOR JOINT SEALING MATERIALS

---

In the previous section reference has been made to the general properties of some materials, but within each group of these materials properties can vary significantly depending on their composition, method of manufacture and subsequent treatment, e.g. annealing, vulcanization, etc. It is therefore necessary to specify the material required for the manufacture of waterstops or to be used for sealing and this is done by using performance or property specifications. In some countries national specifications exist such as BS (UK), ASTM (USA) and DIN (West Germany) and even some major construction agencies have their own specifications e.g. US Army Corps of Engineers (USACE) and United States Bureau of Reclamation (USBR).

It must be remembered that a simple listing of a property with a required performance value is insufficient and also the method of test by which that value is to be measured must be specified. Thus one may find what appear to be discrepancies between recognised specification values, but these relate not so much to differences in the quality of the material, but to the differences in the test methods used to evaluate this quality. Thus if one adopts a BS specification, the values specified must be attained under BS tests and not ASTM tests and vice versa.

Obviously in a report of this type it is not possible to give a detailed explanation of every specification, but the aim is rather to give a listing of known specifications, highlighting a few salient points and thereafter a listing of required properties from one specification to give some indication of the quality of the desired material.

### 4.1. POLYVINYL CHLORIDE (PVC)

PVC waterstops shall be manufactured from pure polyvinyl chloride with suitable stabilising and plasticising agents added but containing no fillers or scrap material. Quality control on the PVC used should be exercised to ensure that the right formulation is being supplied. PVC deteriorates when exposed to the atmosphere, especially direct sunlight.

Tests to determine the properties required are specified amongst others in DIN 53455, DIN 16938, DIN 53476 and SIA 280 in Austria and Germany; BS 903 and BS 2571 in the UK; ASTM D 638, D 746, D 747 and D 1203 in the USA. The US

concerne le Royaume-Uni, et par les normes « ASTM D 638, D 746, D 747 et D 1203 pour les États-Unis. Le US Corps of Engineers décrit les « waterstops » en PVC dans son descriptif technique CRD-D 572. Quant à Merrit, il les décrit dans son article de 1966 intitulé : « L'Étanchéité des joints dans les structures en béton », en recommandant les spécifications présentées au Tableau n° 1.

Tableau n° 1  
SPÉCIFICATIONS POUR « WATERSTOPS » EN PVC.

Propriété physique	Méthode essai	A 25 °C	Arctique
Résistance à la traction (minimale)	BS 903-1971 Section A 2	13,8 MPa (2 000 psi)	10,4 MPa (1 500 psi)
Élongation minimale à la rupture	BS 903-1971 Section A 2	285 %	400 %
Consistance BS du matériau .....	BS 2571-1955	42-52	85 %
Absorption eau .....	BS 903-1971 Section A 18	0,6	—
Température de fissuration au froid	BS 903 Section A 13	— 25 °C	— 60 °C
* Essai accéléré d'extraction : a) Résistance à la traction .....	CRD - C 572-74 (spécification)	> 10,3 MPa (1 500 psi) > 280 %	—
b) Élongation à la rupture .....			
Stabilité aux alcalins : a) Variation de poids après 7 jours b) Variation de la dureté shore ....	CRD - C 572-74 (spécification)	— 0,10 % à + 0,25 % pas plus de + 5 %	
* Essais prescrits par le US Corps of Engineers et par la Commission Hydro-Électrique de la Province de l'Ontario.			

#### 4.2. LE CAOUTCHOUC NATUREL

Les « waterstops » en « caoutchouc naturel » doivent contenir au moins 70 % de caoutchouc naturel (en volume). Le caoutchouc se détériore comme le PVC lorsqu'il est exposé aux conditions atmosphériques, surtout aux ultra-violets. Il en découle que si des « waterstops » sont appelés à être exposés ou encore entreposés pendant un certain temps, ils devront être protégés contre la lumière solaire ou contre toute autre source de rayons ultra-violets.

Les spécifications de Merrit (1966), celles du « USBR » et du US Corps of Engineers (CRD - C. 573) sont présentées dans le Tableau n° 2.

#### 4.3. LE CAOUTCHOUC SYNTHÉTIQUE

A l'heure actuelle, on connaît fort peu de spécifications relatives aux « waterstops » en caoutchouc synthétique. Les spécifications pour les caoutchoucs synthétiques concernent surtout des matériaux qui ne sont pas employés dans la fabrication de « waterstops ». Par voie de conséquence, nous utilisons les spécifications concernant les propriétés physiques du PVC et des « waterstops » en caoutchouc naturel.

Corps of Engineers specifies PVC waterstops in specification CRD-C 572 and Merrit (1966) in his paper " The sealing of functional joints in concrete structures " recommends specification as given in Table 1.

Table 1  
SPECIFICATION REQUIREMENTS FOR PVC WATERSTOPS.

Property	Test Method	At 25 °C	Arctic
Tensile strength (minimum) .....	BS 903-1971 Part A 2	13,8 MPa (2 000 psi)	10,4 MPa (1 500 psi)
Minimum elongation at breaking stress .....	BS 903-1971 Part A 2	285 %	400 %
BS Softness .....	BS 2571-1955	42-52	85 %
Water absorption .....	BS 903-1971 Part A 18	0.6	—
Cold crack temperature .....	BS 903 Part A 13	— 25 °C	— 60 °C
* Accelerated extraction test : a) Tensile strength .....	CRD - C 572-74 (Specification)	> 10,3 MPa (1 500 psi) > 280 %	—
b) Ultimate elongation .....			
Stability in effect of alkalis test : a) Change in weight after 7 days ..	CRD - C 572-74 (Specification)	— 0.10 to + 0.25 % Not more than ± 5 %	—
b) Change in shore durometer .....			
* Tests prescribed by the U.S. Corps of Engineers and Hydro-Electric Power Commission of Ontario.			

#### 4.2. NATURAL RUBBER

" Natural rubber " waterstops should contain not less than 70 per cent natural rubber by volume. Like PVC, rubber deteriorates when exposed to the atmosphere, especially ultra violet light. Therefore, if seals or stops are going to be exposed or stored for any length of time, they must be protected against sunlight or other sources of ultra violet light.

The specifications of Merrit (1966), the US Bureau of Reclamation and the US Corps of Engineers (CRD - C 513) are given in Table 2.

#### 4.3. SYNTHETIC RUBBER

At the present time very few specifications for synthetic rubber waterstops are known. Specifications for synthetic rubbers are mainly for materials which are not used in waterstops. Use is therefore made of the specifications for the physical properties of PVC and natural rubber waterstops.

#### 4.4. LE CUIVRE

Les « waterstops » seront formés par une bande de cuivre phosphoreux désoxydé et libre de toute substance arsenicale. Au Royaume-Uni, le matériau devra être conforme aux spécifications des normes BS 4608-1970 et BS 2870-1980, et aux États-Unis, les « waterstops » en cuivre seront conformes à la norme ASTM B. 152, type OF ou DHP. De plus, ils devront être recuits conformément aux indications données dans les normes « SABS 404/405 de 1971 (Afrique du Sud). Ce recuit devra, si possible, être effectué lorsque le « waterstop » aura été façonné dans sa forme définitive.

#### 4.5. L'ACIER INOXYDABLE

En règle générale, les « waterstops » sont fabriqués à partir de tôles d'inox-acier dont les dimensions sont 1 mm (0.0375 pouces) d'épaisseur et 225 à 375 mm (9 à 15 pouces) de largeur. Aux États-Unis, la spécification courante de cet acier est 18 % de Cr, 8 % de Ni; 0. 10 C, recuit, fini laminé à chaud ou à froid, selon AISI 304.

#### 4.6. L'ACIER GALVANISÉ

Étant donné que ce matériau est uniquement employé pour les « waterstops » de structures temporaires, il n'existe aucune spécification quant à son usage.

#### 4.7. LES COMPOSÉS DE BITUME

Aux États-Unis, ces matériaux relèvent soit de la norme ASTM D 1190 - « spécifications pour joint d'étanchéité pour béton, type élastique coulé à chaud », ou encore de la Spécification Fédérale SS-S-164 — « Étanchéité, type coulé à chaud pour joints dans le béton », alors que la norme britannique est la BS 2499 — « Joint bitumineux » dont les propriétés sont ci-après indiquées comme valeurs types des matériaux adéquats :

Densité .....	1 015 - 1 065 kg/m <sup>3</sup> (63,5 - 66,5 livre par pied cube)
Pénétration à 25 °C (77 °F) .....	200 - 300
Essai de ramollissement (Essai à l'anneau et à la bille)	80 - 90 °C (176 - 194 °F)
Essai de fragilité, sur échantillons carrés de 22 m/m (7/8 pouces) .....	0,97 kg/m
à 5 °C (40 °F) énergie absorbée .....	(0,65 livres - pied)



#### 4.4. COPPER

Waterstops shall be formed from a phosphorous deoxidised non-arsenical copper strip. In the UK the material should comply with specifications BS 4608 - 1970 and BS 2870 - 1980, in the USA copper waterstops conform to ASTM B 152 Type OF or DHP. In addition they should be annealed as described in SABS 404/405 of 1971 (South Africa) and if possible the annealing should take place after the waterstop has been formed.

#### 4.5. STAINLESS STEEL

Waterstops are normally manufactured from 1 mm (0.0375 inch) thick and 225 to 375 mm (9 to 15 inches) wide, corrosion -resistant steel. In the USA this steel is commonly specified as 18 % Cr, 8 % Ni; 0.10 C, annealed, hot or cold rolled finish AISI type 304.

#### 4.6 GALVANISED STEEL

As this material is only used for waterstops in temporary structures there are no specifications for its use.

#### 4.7. BITUMEN COMPOUNDS

In the USA these materials are covered by ASTM D 1190 " Specifications for concrete joint sealer, hot-poured elastic type ", or Federal Specification SS-S-164 " Sealer : hot-poured type, for joints in concrete ", while in the UK BS 2499 " Bitumen joint sealer " is used from which the following properties are listed as typical values of suitable materials :

Density .....	1 015-1 065 kg/m <sup>3</sup> (63,5-66,5 lb per ft <sup>3</sup> )
Penetration at 25 °C (77 °F) .....	200-300
Softening point (ring and ball test) .....	80-90 °C (176-194 °F)
Brittleness test on 22 mm (7/8-in) square specimens .....	0.97 kg · m
at 5 °C (40 °F) energy absorbed .....	(0.65 lb-ft)

Tableau n° 2  
 SPÉCIFICATIONS POUR LE CAOUTCHOUC UTILISÉ DANS LA FABRICATION DES « WATERSTOPS ».

Propriété physique	Merritt (1966)		USBR		US Corps of Engineers	
	Spécification Essai	Valeur requise	Spécification Essai	Valeur requise	Spécification Essai	Valeur requise
Spécification générale .....	—	—	—	—	CRD-C 513-74	Juin 1974
Résistance minimale à la traction .....	BS 903 Section A 2	22,4 MPa (3 000 psi)	ASTM D 412	24,2 (3 500 psi)	CRD-C 573	13,8 MPa (2 000 psi)
Élongation minimale sous effort de rupture .....	BS 903 Section A 2	500 %	ASTM D 412	500 %	CRD-C 573	360 %
Raideur à la flexion (minima) .....	—	—	ASTM D 747	4,45 MPa (600 psi)	—	—
Dureté .....	BS 903 Section A 7	60-65 degrés BS	ASTM 2240	60 à 70 au Duromètre shore	CRD-C 569	60 à 70 au Duromètre shore
Résistance minimale à la traction après vieillissement dans l'oxygène .....	BS 903 Section 19	75 % de la résistance d'origine	ASTM D 573	80 %	CRD-C 577	80 %
Élongation minimale après vieillissement dans l'oxygène ..	BS 903 Section 19	75 % de l'élongation à rupture	ASTM D 573	80 %	—	—
Maximum d'absorption d'eau (en poids) .....	BS 903 A 18	3,5 % après 2 jours	—	—	CRD-C 575	5 % après 7 jours
Déformation permanente sous compression maximale .....	BS 903 A 39	20 % de la déflexion d'origine	D 395 Méthode B	30 %	CRD-C 576	30 %
Résistance à la fissuration ozone .....	—	—	ASTM D 1149	Aucune fissure	CRD-C 536	Aucune fissure

Il est à noter qu'en ce qui concerne le caoutchouc synthétique, l'USBR réduit pour sa part la résistance à la traction à 22,4 MPa (3 000 psi) et l'élongation à la rupture à 450 % et pour le polychloroprène à 14,9 MPa (2 000 psi) et 350 % pour l'élongation.

Table 2  
SPECIFICATIONS FOR RUBBER FOR USE IN WATERSTOPS.

Property	Merritt (1966)		USBR		US Corps of Engineers	
	Test Specification	Required Value	Test Specification	Required Value	Test Specification	Required Value
Overall Specification .....		—		—	CRD-C 513-74	June 1974
Minimum tensile strength .....	BS 903 Part A 2	22.4 Mpa (3 000 psi)	ASTM D 412	24.2 (3 500 psi)	CRD-C 573	13.8 Mpa (2 000 psi)
Minimum elongation at breaking stress .....	BS 903 Part A 2	500 %	ASTM D 412	500 %	CRD-C 573	360 %
Bending stiffness (minimum) .....	—	—	ASTM D 747	4.45 MPa (600 psi)	—	—
Hardness .....	BS 903 Part A 7	60-65 BS degrees	ASTM 2240	60 to 70 Shore durometer	CRD-C 569	60 to 70 Shore durometer
Minimum tensile strength after ageing in oxygen .....	BS 903 Part 19	75 % of initial strength	ASTM D 573	80	CRD-C 577	80 %
Minimum elongation after ageing in oxygen .....	BS 903 Part 19	75 % of initial elongation at break	ASTM D 573	80 %	—	—
Maximum water absorption by mass .....	BS 903 A 18	3.5 % after 2 days	—	—	CRD-C 575	5 % after 7 days
Maximum compression set (Constant deflection) .....	BS 903 A 39	20 % of original deflection	D 395 Method B	30 %	CRD-C 576	30 %
Ozone cracking resistance .....	—	—	ASTM D 1149	No cracks	CRD-C 536	No cracks

Note that for synthetic rubber the USBR reduces the tensile strength requirement to 22.4 Mpa (3 000 psi) and the elongation at the break to 450 % and for polychloroprene to 14.9 Mpa (2 000 psi) and 350 % elongation at break.

---

## 5. PRÉPARATION ET POSE

---

Pour que les scellements remplissent leur rôle en empêchant les fuites au travers des joints sur les grands barrages en béton, la qualité du travail sur chantier est souvent aussi importante que la forme du joint ou que le matériau employé. Il faut donner une importance primordiale à la soudure des joints d'étanchéité, ainsi qu'à leur protection qui doit éviter tout endommagement avant, durant et après le coulage du béton. Les joints endommagés sont très difficiles à repérer comme à réparer après que le béton, dans lequel ils sont noyés, aura été coulé.

### 5.1. PVC ET CAOUTCHOUC

Les « waterstops » en chlorure de polyvinyle et en caoutchouc sont fabriqués sous contrôle et quittent l'usine d'origine sous forme de rouleaux ou de bandes. Les précautions normales doivent être prises pour éviter qu'ils ne soient endommagés durant la manutention ou le transport. Sur les chantiers, ces matériaux doivent être protégés, quand ils sont entreposés, jusqu'à ce qu'ils quittent les entrepôts pour être mis en place. Cette précaution est indispensable parce que ces deux matériaux sont sensibles aux rayons ultra-violet, ce qui implique qu'il faut éviter de les exposer trop longuement à la lumière solaire. Les « waterstops » en caoutchouc et en PVC, sont fabriqués en plusieurs modèles de tailles différentes. Les deux modèles les plus courants utilisés pour les barrages sont ceux à « Bulbe central » et en « haltère ». Des « waterstops » typiques en caoutchouc et en PVC apparaissent sur les figures 1 à 4. Il faut noter qu'une distance minimale de 600 mm par rapport à la face en béton est considérée comme adéquate et qu'en Suisse, cette distance a été réduite à 200 mm par un contrôle précis de la qualité du béton et de son coulage. Se référer également au § 5.3.

Les bonnes règles de l'art veulent que soient spécifiées les tolérances pour les dimensions des « waterstops » comme pour les irrégularités de surface. Une spécification courante veut que les défauts de surface ne dépassent pas 10 mm de longueur et 2 mm de profondeur.

### 5.2. MÉTAL

Les « waterstops » métalliques dont on trouve les détails types dans les Fig. 5 à 13, sont généralement fabriqués en fonction des demandes du concepteur, en cuivre ou à partir de bandes d'acier inoxydable de qualité, largeur et épaisseur homologuées. On leur donne la forme voulue au moyen d'une plieuse et ils sont parfois fabriqués sur le chantier même. Au cours de cette opération il faut bien s'assurer que la ductibilité du cuivre n'est pas altérée de façon inutile. La longueur des éléments fabriqués dépend de la longueur des bandes disponibles sur le marché. De même que pour le caoutchouc et le PVC, il est préférable d'utiliser des éléments qui soient le plus long possible. Néanmoins, le métal demandera des dispositifs de

---

## 5. PREPARATION AND INSTALLATION

---

For seals to be effective in preventing leakage through the joints of large concrete dams the proper conduct of field operations is often of as great importance as shape or material. Good workmanship in making the joints of the sealing material; sufficient protection to avoid damage prior to, and particularly during and subsequent to the concreting process, are of primary importance. Damaged seals are not easily detected and are in fact extremely difficult to repair after the concrete in which they have been embedded has been cast.

### 5.1. PVC AND RUBBER

Rubber and polyvinyl chloride waterstops are manufactured under controlled conditions and leave the factory of origin either in rolls or strips. Normal precautions must be taken to avoid damage in handling and transport. At the construction site these materials must be stored under cover until required for installation because both materials are subject to damage by ultra-violet light rays and prolonged exposure to sunlight must be avoided. Rubber and PVC waterstops are manufactured in a variety of sizes and these may be obtained from suppliers. The two most common shapes used on dam construction are the so-called centre-bulb and dumbbell types. Typical rubber and PVC waterstops are shown in Fig. 1 to 4. It should be noted that while a minimum distance of 600 mm from the concrete face is shown as good practice, this has been reduced to as little as 200 mm in Switzerland by very careful control of the quality of the concrete and its placement. See also 5.3.

It is good practice to specify the tolerances which will be allowed on the dimensions of the manufactured waterstops and also to limit surface variations e.g. a common specification is that surface defects shall not exceed 10 mm in length or 2 mm in depth.

### 5.2. METAL

Metal waterstops, typical details of which are shown in Fig. 5 to 13 are generally custom manufactured according to the designer's requirements from copper or stainless steel strips of approved quality, width and gauge. They are formed into the desired shape by using a bending machine and are sometimes manufactured on the construction site. In carrying out this operation, care should be taken to ensure that the ductility of the copper is not unnecessarily impaired. Lengths of sections made up are dependent on the lengths of the strips that can be supplied. As with rubber and PVC the longest possible lengths should be used. Metal, however, will require more support of the uninstalled length and is considerably more difficult to handle.

soutien plus importants dans sa longueur non encore noyée dans le béton, et est beaucoup plus difficile à manier. Les longueurs partiellement noyées nécessitent donc un support approprié pour éviter qu'elles ne soient tordues. Étant plus rigide, l'acier inoxydable ne peut pas être livré en rouleaux, il faut donc le souder plus souvent que le cuivre. La même chose s'applique aux sections préformées en cuivre qui, elles non plus, ne peuvent être enroulées.

### 5.3. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Le positionnement et le type de tout « waterstop » devront être clairement indiqués sur les plans d'exécution. De plus, les descriptifs contractuels seront rédigés de façon très claire pour s'assurer de la pose correcte des « waterstops ». Juste avant le coulage du béton, ceux-ci seront intégralement débarrassés de leur graisse, huile, poussière et vieux mortier.

La pose d'un « waterstop » brise la continuité du béton de chaque côté du joint de sorte que le béton qui se trouve entre le « waterstop » et la face du barrage se comporte tel un encorbellement à partir des masses de béton adjacent. Si de fortes contraintes se développent derrière des « waterstops » qui auraient été posés trop près du parement du barrage, le béton en porte à faux peut ne pas avoir la résistance nécessaire pour les encaisser. La distance qui sépare le « waterstop » du parement du barrage (il s'agit généralement du parement amont), devrait être déterminée en prenant bien en considération les contraintes qui pourraient éventuellement apparaître dans les parties en forme de dalles en encorbellement du béton situées entre le « waterstop » et le parement du barrage (cette cote est de 600 mm sur les plans, mais elle doit néanmoins être adaptée selon les impératifs locaux).

Mises à part les formes présentées Fig. 3 et 4, tous les « waterstops » en PVC et en caoutchouc doivent être posés en utilisant la méthode du « coffrage à fente ». Sur le Barrage PK Le Roux, en Afrique du Sud, le coffrage principal est resté en place et les « waterstops » ont été posés, partiellement pliés, dans un coffrage secondaire, fendu fixé au coffrage principal.

Cette méthode permet d'être assuré que le « waterstop » sera effectivement dans sa position définitive après démontage du coffrage du béton de première phase, sans avoir à le déplier avant le coulage du béton de deuxième phase. Il faut prendre grand soin de placer un joint imperméable aux injections entre le « waterstop » et ses extrémités. Le « waterstop » doit être solidement fixé pour éviter tout déplacement avant et pendant le coulage du béton. En ce qui concerne le caoutchouc et le PVC, ceci peut être fait au moyen de « porte-joints » munis d'œillets fixés sur des armatures spéciales. Des pinces (clips) spéciales peuvent également être utilisées. Les clous ne seront jamais employés.

Le béton devra être coulé dans le coffrage à une distance des « waterstops » suffisamment importante pour s'assurer qu'ils ne seront pas endommagés, déchirés ou tordus durant l'opération.

Le béton sera ensuite vibré avec beaucoup de soin tout autour du « waterstop ». Il faudra s'assurer, avec une attention toute particulière, qu'il n'y a pas de discontinuités du béton autour des « waterstops » tout en veillant à ce qu'ils ne soient percés

Partially installed lengths must therefore be properly supported to avoid damage from bending. Stainless steel being more rigid cannot be easily rolled and must, therefore, be more frequently joined than copper, the same applies to preformed copper sections which cannot be rolled.

### 5.3. GENERAL CONSIDERATIONS

The position and types of all waterstops shall be clearly shown on the construction drawings and contract specifications should be clearly written to ensure the proper installation of the seal. Immediately prior to casting concrete the waterstops shall be thoroughly cleaned of grease, oil, dirt and old mortar.

The placement of a waterstop breaks the continuity of the concrete on either side of the joint resulting in the concrete between the waterstop and the face of the dam acting as a cantilever from the adjacent concrete monoliths. If high pressures should build up behind waterstops placed too close to the face of the dam, the concrete cantilevers may have inadequate strength to withstand these forces. The distance of the waterstop from the face of the dam (usually the upstream face) should be determined giving due consideration to the stresses which could possibly be generated in the cantilevered slablike portion of the concrete between the waterstop and the face of the dam. (This dimension is shown as 600 mm on the sketches, but must be adjusted to suit local requirements.)

All PVC and rubber waterstops except for the shapes shown in Fig. 3 and 4 should be installed by using the split formwork method. On the P. K. Le Roux Dam in South Africa, the main formwork remained and the waterstop was installed, partially bent, in a secondary split box attached to the main formwork. Where split formwork is not used and the waterstop is bent at right angles and then unbent for the second pour, the centre bulb is often encased in the concrete instead of being in the joint, thus nullifying its purpose.

This ensures that after stripping of the formwork of the first concrete, the waterstop is in its final intended position without having to be bent into this position before placing the second concrete. Care must be taken to ensure a grout tight joint between the waterstop and the stop ends. The waterstop must be securely held to avoid movement prior to and during casting. In the case of rubber and PVC this can be done by using purpose made eyeletted water-bars tied back to specially placed reinforcement. Alternatively purpose made clips can be used. On no account should nails be used.

The placing of the concrete into the form shall be at a sufficient distance from the waterstops to ensure that they are not damaged, cracked or twisted during the concreting operation.

Concrete shall be very carefully vibrated into position around the waterstop. Particular care must be taken to ensure complete consolidation of the concrete around the waterstop while at the same time taking care that the waterstops are not

ou endommagés de toute autre manière. Les pierres de grande taille peuvent être enlevées de la proximité immédiate des « waterstops ». Il est également possible de recommander l'utilisation d'un mélange spécial à granulométrie plus faible pour le bétonnage des endroits encombrés. Les vibrateurs ne doivent pas entrer en contact avec les « waterstops ». Un soin tout particulier doit être apporté au serrage du béton sous les « waterstops » horizontaux.

La bande de caoutchouc exposée ainsi que les « waterstops » en PVC coulés sur un côté d'un joint ne doivent pas rester à la lumière du jour, et surtout pas aux rayons de soleil directs pendant des périodes prolongées sans protection appropriée.

Les soudures des « waterstops » en cuivre présenteront un chevauchement qui ne sera pas inférieur à 255 mm. Une soudure forte, utilisant le métal Brox ou son équivalent, intéressera la périphérie entière des lèvres. La soudure sera ressuée de préférence. La soudure à l'étain n'est pas considérée comme étant satisfaisante.

Les « waterstops » en acier inoxydable peuvent être allongés par recouvrement, par soudure en angle tout le long d'un chevauchement d'au moins 225 mm.

Les « waterstops » de métal différent ne devront jamais être soudés métal contre métal, et ceci quelles que soient les circonstances.

Le raboutage ou le recouvrement des « waterstops » en caoutchouc ou en PVC seront exécutés sur le chantier conformément aux méthodes et aux spécifications qui devront prendre en considération les instructions données par les fabricants. Les « waterstops » en caoutchouc, seront collés par le procédé de vulcanisation à chaud. Les raccords au moyen de fixations et de colles de caoutchouc peuvent être également autorisés. Il est possible de les réaliser en utilisant les pièces standardisées des fabricants ou encore des éléments spéciaux fabriqués sur le chantier et qui comportent, en règle générale, des serre-joints métalliques. Les adhésifs et colles pour les raccords ne sont pas recommandés car ces matériaux sont généralement moins résistants au vieillissement que le « waterstop » lui-même et deviennent rigides et cassants avec le temps.

La résistance du raboutage est définie de façon variable : pas inférieure à 6,89 MPa (1 000 psi) telle que définie dans la norme CRD-C 573 du Génie Militaire de l'Armée Américaine; Merrit (Royaume-Uni) et la « Harza Engineering Company » (États-Unis) exigent pour leur part qu'elle ne soit inférieure à 50 % de la résistance à la traction du même « waterstop » sans soudure. Quant au « US Bureau of Reclamation », il spécifie que les raccords doivent être cintrés à 180° autour d'un axe de 50 mm (2 pouces) de diamètre sans montrer le moindre signe de décollement.

De façon analogue, là où il faut former des angles, des jonctions, etc., il faudra employer les pièces de raccordement spécialement produites par les fabricants.

Les « waterstops » verticaux qui démarrent au niveau du rocher devraient être ancrés dans des poches ou cavités découpées dans la fondation. La profondeur de ces cavités ne sera pas inférieure à 300 mm, et leurs dimensions au fond seront d'environ 500 mm sur 250 mm; leurs parois peuvent être verticales. Une légère fente peut alternativement être creusée par forage sec à percussion. L'extrémité du « waterstop » devra être enfoncée ou encastrée dans cette fente pour former ainsi un solide ancrage sans pour autant endommager la roche mère.

Lorsqu'un joint avec « waterstop » est en relation avec une entrée d'eau ou une vanne de réglage, il faut alors prolonger le « waterstop » et le relier aux éléments



punctured or otherwise damaged. Large stones may be removed from the immediate vicinity of the waterstop or a special mix using smaller aggregate may be specified for use in congested areas. There should be no contact between the vibrator and the waterstop. Particular attention is required to ensure compaction of the concrete under horizontal waterstops.

The exposed strip of rubber and PVC waterstops embedded on one side of a joint must not be permitted to remain exposed to daylight and in particular to direct sunlight for prolonged periods without appropriate protection from direct sunlight.

Joints in copper waterstops shall have an overlap of not less than 225 mm and shall be made using hard solder such as Brox metal or equivalent along all edges and should be sweated if possible. Tin solder is not satisfactory.

Stainless steel waterstops can be spliced by fillet welding along all edges along an overlap of not less than 225 mm.

Under no circumstances should waterstops of different metals be joined with a metal to metal contact.

The jointing or splicing of rubber and PVC waterstops shall be carried out on site according to methods and specification which should take account of manufacturers' instructions. Rubber waterstops shall be spliced using a hot vulcanizing process. Splices using fittings and rubber cement may also be permitted. These can be accomplished by either using manufacturers' standard pieces or by special items prepared on site and usually involving metal clamps. Adhesives and glues for jointing are not recommended, as these materials are generally less resistant to ageing than the waterstop itself and become rigid and brittle with time.

The strength of the splice is variously specified as not less than 6.89 MPa (1 000 psi) in CRD-C 573 of US Army Corps of Engineers and not less than 50 % of the tensile strength of the unjoined waterstop has been specified by Harza Engineering Company (USA) and Merrit (UK). The US Bureau of Reclamation specify that splices should be bent 180° round a 50 mm (2 inch) diameter steel pin without showing any signs of separation.

Similarly where there is a need to form angles, junctions, etc., the manufacturer's special purpose made junction pieces should be used.

Vertical waterstops commencing at rock level should be anchored into pockets cut into the foundation. Such pockets shall be not less than 300 mm deep, with bottom dimensions of approximately 500 mm by 250 mm and may have vertical sides. Alternatively a narrow slot may be cut by using dry percussion drilling. The end of the waterstop should be grouted into this slot to form a firm anchorage without damaging the surrounding parentrock.

Where a joint containing a waterstop is associated with an intake, or control gate, it is necessary to continue the waterstop and joint it to the built-in parts of the

encastrés dans la vanne pour assurer la continuité du joint. Il faut étudier les détails spécifiques qui montrent comment le « waterstop » doit être relié aux parties métalliques de la vanne encastrées dans le béton.

Lorsque les « waterstops » métalliques sont posés sans utiliser le coffrage à fente, et lorsqu'ils doivent être pliés pour prendre leur forme définitive avant le coulage du béton de deuxième phase, il faut prendre soin de bien s'assurer que le vide, à l'intérieur de la feuillure, reste libre de tout béton, de sorte qu'après le coulage du bloc adjacent, se maintienne le vide suffisant pour les déplacements relatifs ultérieurs.

#### **5.4. COMPOSÉS DE BITUME**

Un joint bitumineux est exécuté en réservant un trou de section carrée ou circulaire à cheval sur le joint de contraction et en le remplissant d'un composé d'asphalte ou de bitume (se référer aux Fig. 10 et 11). Lorsque le bitume est déversé dans la cavité, il faut prendre bien soin d'imprimer des secousses pour éviter que des bulles d'air ne restent emprisonnées dans la masse. Un tuyau de vapeur ou des résistances électriques de chauffage peuvent être préalablement fixés à l'intérieur du puits afin de liquéfier à nouveau le bitume si la nécessité s'en faisait sentir : il faut prévoir le remplacement des câbles électriques, si nécessaire. Dans certains cas, des bouchons de bitume solidifié ont été introduits dans le puits puis liquéfiés après la pose. Il se peut qu'il soit nécessaire de prévoir des joints métalliques en travers du joint, de part et d'autre du joint bitumineux pour éviter les fuites de bitume. Ce type de joints est souvent considéré comme étant une deuxième ligne de défense, et s'ils sont convenablement exécutés, ils facilitent les réparations ultérieures et l'obtention d'un joint imperméable.

#### **5.5. WATERSTOPS DE SURFACE**

Les « waterstops » de surface sont généralement utilisés en guise de « waterstops » de réparation et installés après la mise en eau du barrage. Leur installation requiert que le réservoir soit vide.

La Fig. 12 montre les détails d'un « waterstop » de surface typique utilisé pour un ouvrage d'origine. Lorsqu'il sera utilisé pour les réparations, le « waterstop » sera probablement placé sur la surface existante et, comme le montre la Fig. 13, les moyens d'ancrage des boulons seront moins élaborés. Pour assurer le succès de ce genre de « waterstop », il est essentiel que les boulons de fixation demeurent fermement ancrés et que la plaque inférieure en caoutchouc déformable conserve toute son élasticité. Les joints peuvent être endommagés par la pression hydrostatique inversée de l'eau emprisonnée derrière le « waterstop » lorsque le niveau d'eau baisse dans la retenue (d'autres méthodes de réparation de joints défectueux peuvent être préférées, mais leur description sort du cadre du présent document).

gate to ensure a continuity of seal. Special details have to be prepared showing how the waterstop is to be joined to the metal built-in gate parts.

Where metal waterstops are installed without using the split form procedure and have to be bent into the final position before placing the second concrete, care must be taken to ensure that the inside of the folds are kept free of concrete so that after casting of the adjacent block, sufficient space is provided for subsequent relative movement.

#### **5.4. BITUMEN COMPOUNDS**

A bitumen seal is constructed by forming a well of square or circular cross section across the contraction joint and filling the opening with an asphaltic or bitumen compound. Refer to Fig. 10 and 11. Care must be taken in pouring bitumen to avoid trapping air bubbles by suitable agitation. The well may be fitted in advance with steam pipe or electric heat conductors for relieving the bitumen should the need arise, and provision must be made for replacing electric cables when necessary. In some cases solid bitumen cores have been inserted into the well and liquefied after installation. It may be necessary to provide metal seals across the joint on each side of the bitumen seal to prevent leakage of bitumen along the joint. This form of joint is often considered as a second line of defence, but if properly constructed, facilitates later repairs and the provision of a watertight joint.

#### **5.5. SURFACE TYPE WATERSTOPS**

The surface type waterstop is generally used as a repair type waterstop installed after a dam has been in operation. It is necessary that the reservoir be empty to carry out the installation.

Fig. 12 shows details of a typical surface type waterstop used in an original construction. When used for repairs the waterstop is more likely to be placed on the existing surface and the means of anchoring the nuts will be less elaborate, as in Fig. 13. To ensure success for this type of waterstop it is essential that the holding nuts remain firmly anchored and that the deformable rubber backing maintains its elasticity. Damage to seals can result from reverse hydrostatic pressure from water trapped behind the waterstop when the level of the water in the reservoir drops. (Other methods of repairing leaking joints may be preferred but their description fall outside the scope of this document.)

---

## 6. ESSAI SUR UN « WATERSTOP »

---

La Fig. 14 représente un des systèmes employés pour tester mécaniquement les caractéristiques d'étanchéité d'un « waterstop ». Les deux extrémités d'une longueur de « waterstop » sont attachées bout à bout pour former un anneau de 500 mm de diamètre. La partie inférieure du « waterstop » est ensuite coulée dans un bloc de béton de 1 m × 1 de surface et d'au moins deux fois l'épaisseur du morceau de « waterstop » encastré dans le béton. Ceci est la coulée de béton de première phase.

Une couche de sable, ou d'un autre matériau poreux, d'une épaisseur maximale de 30 mm est distribuée sur le béton pour représenter le joint et pour supporter la seconde couche de béton. Un tuyau vertical est alors mis en place pour relier le joint poreux, situé à l'intérieur de la bague du « waterstop », à la surface supérieure. Le deuxième bloc de béton est alors coulé en faisant bien attention que le ciment ne pénètre pas le joint poreux, ce qui risquerait de le boucher. L'ensemble est placé dans un cadre métallique pour ceinturer les blocs. Une pression d'eau égale à la pression prévue par le bureau d'étude dans le barrage, est appliquée au moyen du tuyau vertical et maintenue pendant deux mois. On convient que tout défaut physique dans le système du « waterstop » sera révélé durant cette période.

---

## 6. PRACTICAL TEST OF WATERSTOP

---

A device for carrying out a practical test for evaluating the sealing properties of a waterstop is shown on Fig. 14. A length of waterstop has its ends joined together to form a ring of 500 mm diameter. The lower half of the waterstop is then cast into a concrete block 1 m × 1 m in area and at least twice as thick as the embedded length of the waterstop. This represents the first pour of concrete.

A layer of sand or other porous material with a maximum thickness of 30 mm is placed on top of the concrete to represent the joint and to support the second layer of concrete. A standpipe is placed to connect the porous joint inside the waterstop ring to the upper surface. The second block of concrete is then poured making sure that cement does not enter the porous joint and seal it. This arrangement is placed within a metal frame as shown to provide restraint on the blocks. Water pressure equal to the design pressure in the dam is applied through the standpipe and maintained for a period of 2 months. It is contended that any physical defects in the waterstop system will be revealed during this period.

---

## REFERENCES

---

- [1] *Design Standards DS 2 (2)-2 8-19-66* Bureau of Reclamation, US Department of the Interior, Denver.
- [2] GUTHRIE-BROWN, J., 1964, *Hydro-Electric Engineering Practice*, Blackie and Son, London, 1964, p. 459-464.
- [3] *Design of Gravity Dams; Design Manual for Concrete Gravity Dams*, Bureau of Reclamation, US Department of the Interior, Denver, Colorado, 1976.
- [4] Joint ASCE-USCOLD Committee on Current US Practice on Design and Construction of Arch Dams, Embankment Dams and Concrete Gravity Dams, 1967.
- [5] *Specifications for the construction of Hendrik Verwoerd and P. K. Le Roux Dams*, Department of Water Affairs, Republic of South Africa. Private communication.
- [6] SHRADER, E. K., 1980 : “ Repair of Waterstop failures ”, *Journal of the Energy Division*, ASCE, Oct. 1981, p. 155-163.
- [7] NRPPRA, 1979 : “ Natural rubber seals water shortage solution ”, *Rubber Developments*, Vol. 32, No. 1, 1979 (Natural Rubber Producers Research Association, Welwyn Garden City, UK).
- [8] Design Practice of the Directorate of Water Affairs of the Department of the Environment, Water Affairs and Forestry, Republic of South Africa (Private communication).
- [9] *Design of Arch Dams : Design Manual for Concrete Arch Dams*, Bureau of Reclamation, US Department of the Interior, Denver, Colorado, 1977.
- [10] MERRIT, F. M., 1966 : “ The sealing of functional joints in concrete structures ”, *Prac. Conf. on Use of Rubber in Engineering*, Imperial College, London, Published as Chapter 9 in *Use of Rubber in Engineering* by Allen Lindley and Payne, McLaren and Sons, London.
- [11] HOFF, George C. and B. J. HOUSTON, 1973, “ Nonmetallic Waterstops ”, *Journal American Concrete Institute*, Proceedings, Vol. 70, January, p. 7-13 (with 16 references).
- [12] KELLAM, B. and LOUGHBOROUGH M. T., “ Waterstops for Joints in Concrete ”, *Journal American Concrete Institute*, Proceedings, June 1959, p. 1269-1286.
- [13] *Details techniques for Concrete Dams*, by the Development Division of the River Bureau, Ministry of Construction, Japan. Published by Japan Dam Engineering Center.

---

## ANNEXES

---

### A. Spécifications techniques

### B. Figures

- 1 à 4. Types de joints waterstops en caoutchouc ou PVC pour joints verticaux.
- 5 à 9. Types de joints waterstops en cuivre recuit pour joints verticaux et horizontaux.
- 10 à 12. Types de joints waterstops en métal avec joints bitumineux ou en caoutchouc.
- 13. Types de waterstops de surface en bande.
- 14. Essais pratiques sur waterstops.

---

## APPENDICES

---

### A. List of specifications

### B. Figures

- 1 to 4. Typical rubber or polyvinyl chloride (PVC) waterstops for vertical joints.
- 5 to 9. Typical annealed copper for vertical and horizontal joints.
- 10 to 12. Typical metal waterstops with bituminous or rubber seals.
- 13. Typical plate surface waterstop.
- 14. Practical test of waterstop.

---

## A. LIST OF SPECIFICATIONS

---

*British Standards Institution*, 2 Park Street, London, W 1 A 2 BS, UK.

- BS 903 - 1971 ..... Methods of testing Vulcanized Rubber.  
Part A 2 ..... Determination of tensile stress-strain properties.  
Part A 26 ..... Determination of Hardness.  
Part A 18 ..... Water absorption.  
Part A 39 ..... Determination of compression set by constant deflection.  
Part A 19 ..... Accelerated ageing tests.  
Part A 13 ..... Determination of resistance to low temperatures.  
BS 2571 - 1963 ..... Flexible PVC compounds.  
BS 4608 - 1970 ..... Copper for Electrical purposes, rolled, sheet, strip and foil.  
BS 2370 ..... Specification for rolled copper and copper alloys : sheet, strip and foil.  
BS 2499 - 1973 ..... Hot applied joint sealants for concrete pavements.

*American Society for Testing Materials*, 1916 Race Street, Philadelphia Pa 19103, USA.

- ASTM B 152 ..... Copper sheet, strip, plate and rolled bar specification.  
ASTM D 638 - 82 ..... Test for tensile properties of plastics.  
ASTM D 746 - 79 ..... Standard test method for brittleness temperature of plastics and elastomers by impact.  
ASTM D 747 - 70 ..... Test for stiffness of plastics by means of a cantilever beam.  
D 1203 - 67 (1981) .. Volatile loss from plastics using activated carbon method.  
D 412 - 68 ..... Tension testing of vulcanized rubber.  
D 2240 ..... Indentation hardness of rubber and plastics by means of a durometer.  
D 753 ..... General purpose polychloroprene jacket for wire and cable.  
D 395 - 69 ..... Compression set of vulcanized rubber.  
D 1149 - 64 ..... Accelerated Ozone cracking of vulcanized rubber.  
D 1190 - 74 (1980) .. Concrete joint sealer, hot-poured elastic type sealer, Specification for.



*US Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, PO Box 631, Vicksburg, MS 39180, USA.*

- CRD-C 572 ..... Specification for Polyvinylchloride (PVC) Waterstop.
- CRD-C 513 ..... Specification for Rubber Waterstops.
- CRD-C 573 ..... Tensile strength test.
- CRD-C 569 ..... Hardness test : Shore durometer.
- CRD-C 577 ..... Oxygen bomb method of ageing.
- CRD-C 575 ..... Water absorption test.
- CRD-C 576 ..... Test for compression set.
- CRD-C 536 ..... Test for Ozone resistance.

*SA Bureau of Standards, Private Bag X 191, Pretoria, 0001, South Africa.*

- SABS 404/405 - 1971 ..... Phosphorous de-oxidized non-arsenical and arsenical copper.

*American Iron and Steel Institute*

- AISI Type 304 ..... Stainless steel.

*US Federal Specifications*

- SS-S-164 ..... Sealer : hot-poured type, for joints in concrete.

*Merrit 1966 (See bibliography)*

*DIN Germany, Deutsches Institut, Postfach 1145, D 1000, Berlin 30.*

- DIN 53455 ..... Tensile strength and elongation.
- DIN 53476 ..... Resistance against chemical attacks.
- DIN 16938 ..... Bursting tests along joint.

*SIA Switzerland, Administration, The Secretariate General SIA Selnau Strasse 16, Casepostlage 8039, Zurich.*

- SIA 280 ..... Mechanical perforation resistance.

## B. FIGURES

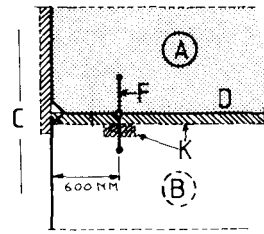


FIG. 1(a)

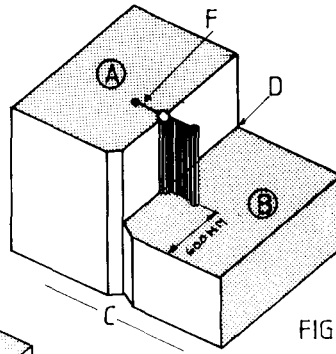


FIG. 1(b)

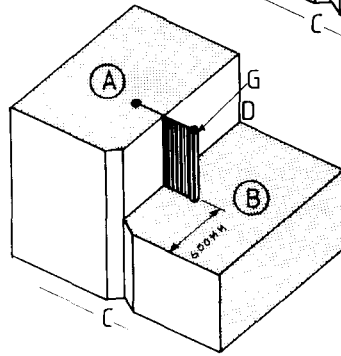


FIG. 2

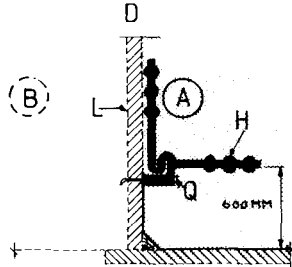
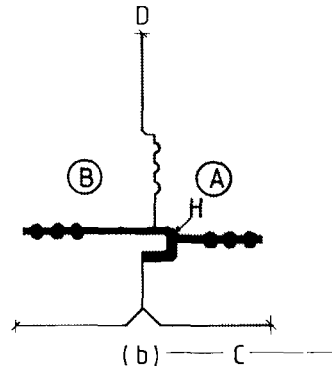


FIG. 3(a)



(b)

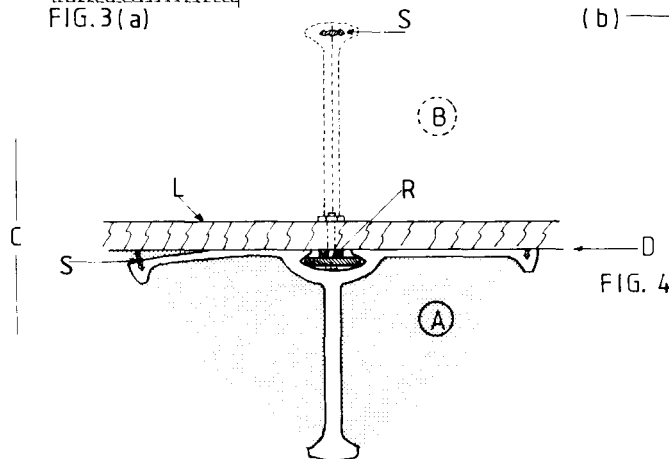


FIG. 4

Fig. 1-2-3-4

Types de joints waterstops en caoutchouc  
ou PVC pour joints verticaux.

*Typical Rubber or polyvinyl chloride (PVC)  
waterstops for vertical joints*

- |  |   |
|--|---|
| Fig. 1 (a) Vue en plan du joint vertical waterstop à centre bulbe.                     | Fig. 1 (a) Plan view vertical joint with centre bulb waterstop.         |
| Fig. 1 (b) Vue perspective du joint vertical à waterstop à centre bulbe.               | Fig. 1 (b) Isometric view of vertical joint with centre bulb waterstop. |
| Fig. 2 Vue perspective d'un joint vertical équipé d'un waterstop en haltère.           | Fig. 2 Isometric view of vertical joint with dumbbell waterstop.        |
| Fig. 3 (a) Waterstop à clouer plié contre le coffrage lors du coulage du plot premier. | Fig. 3 (a) Nail-on waterstop folded against form for 1st concrete.      |
| Fig. 3 (b) Le même déplié prêt au coulage du plot second.                              | Fig. 3 (b) Nail-on waterstop unfolded for second pour.                  |
| Fig. 4 Waterstop à centre bulbe à aile fendue, en caoutchouc ou PVC.                   | Fig. 4 Split centre bulb rubber or PVC waterstop.                       |
- 
- |  |   |
|--|---|
| A Plot premier.  | A 1st concrete.   |
| B Plot second.   | B 2nd concrete.   |
| C Face amont (au contact de l'eau).  | C Water face.   |
| D Joint vertical.  | D Vertical Joint.   |
| F Waterstop à centre bulbe.  | F Centre bulb waterstop.  |
| G Waterstop en haltère.  | G Dumbbell waterstop.   |
| H Waterstop à clouer.  | H Nail-on waterstop.  |
| K Coffrage à fente et plot premier.  | K Split forms and blocks for 1st concrete.                                |
| L Coffrage non fendu pour plot premier.  | L Formwork for 1st concrete - non-split.                                  |
| Q Cloué au coffrage.   | Q Nailed to formwork.   |
| R Rondelle et boulon de fixation du waterstop pendant le coulage du plot premier.        | R Securing washer and bolts for waterstop during casting of 1st concrete. |
| S Goupille de liaison des demi-ailes du waterstop fendu avant le coulage du plot second. | S Pin for joining split waterstop before 2nd concrete is poured.          |

*Notes*

(1) La méthode Fig. 3 n'est pas conseillée - (2) En cas de rabotage : a) le caoutchouc doit être vulcanisé sur place; b) le PVC doit être soudé sur place - (3) Les dimensions portées sur les figures sont des dimensions courantes. Voir également les § 5.1 et 5.3.

(1) Method 3 is not recommended - (2) Where lengths must be joined together : a) rubber must be vulcanized in place; b) PVC must be welded in place - (3) Dimensions where shown are typical, see also par. 5.1 and 5.3.

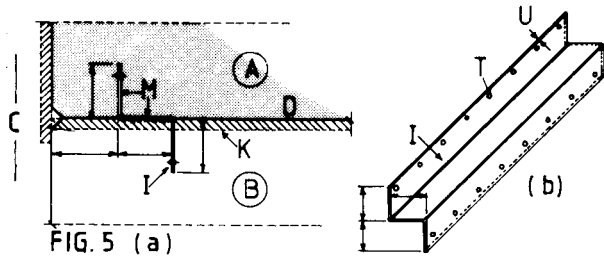


FIG. 5 (a)

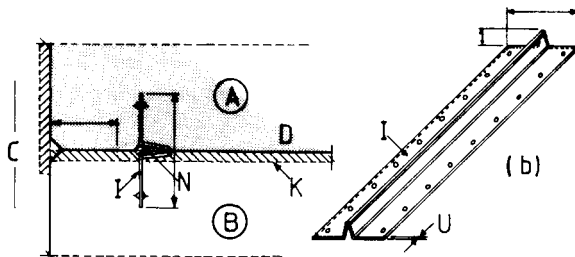


FIG. 6 (a)

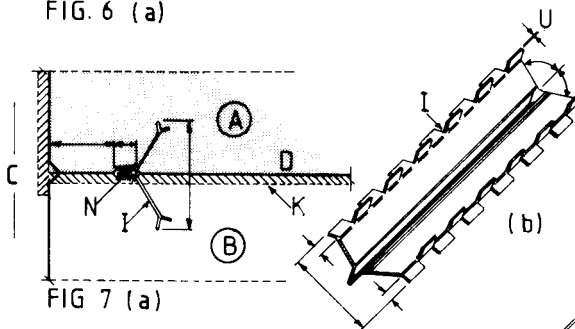


FIG 7 (a)

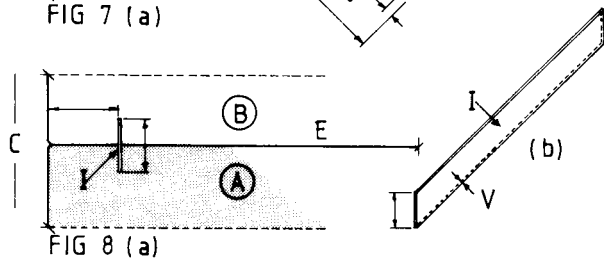


FIG 8 (a)

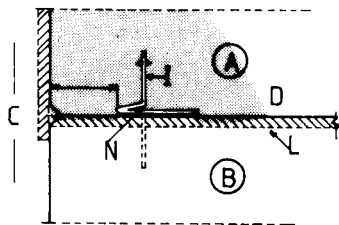


FIG 9 (a)

Fig. 5-6-7-8-9

Types de joints waterstops en cuivre recuit  
pour joints verticaux et horizontaux.

*Typical annealed copper waterstops  
for vertical and horizontal joints.*

Fig. 5-7 Joints verticaux avec coffrages à fente.

*Fig. 5-7 Vertical joints using split forms.*

Fig. 8 Joint horizontal.

*Fig. 8 Horizontal joint.*

Fig. 9 Joint vertical avec coffrages non fendus.

*Fig. 9 Vertical joint using non-split forms.*

A Plot premier.

*A 1st concrete.*

B Plot second.

*B 2nd concrete.*

C Face amont (au contact de l'eau).

*C Water face.*

D Joint vertical.

*D Vertical joint.*

E Joint horizontal.

*E Horizontal joint.*

I Waterstop en cuivre recuit.

*I Annealed copper waterstop.*

K Coffrage à fente et plot premier.

*K Splitforms for 1st concrete.*

M Peinture bitumineuse.

*M Bitumen paint.*

N Bitume d'étanchéité.

*N Bitumen sealant.*

T Grands rivets en cuivre à 250 mm d'écartement pour ancrages améliorés.

*T Large copper rivets at 250 mm centres for improved anchorage.*

U Plaque de 2 mm d'épaisseur.

*U 14 gauge sheet.*

V Métal de 1,5 mm d'épaisseur.

*V 16 gauge metal.*

*Notes*

(1) Longueurs à rabouter sur place par brasage au « Brox » ou autre substance métallique analogue -  
(2) Lorsqu'elles sont indiquées, les cotes sont des ordres de grandeur.

(1) Lengths to be joined together in place by brazing with « Brox » or other similar metallic substance -  
(2) Dimensions where shown are typical.

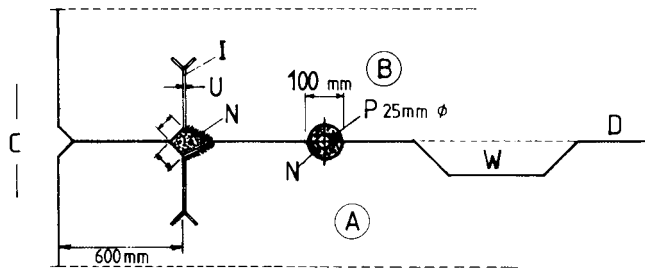


FIG. 10

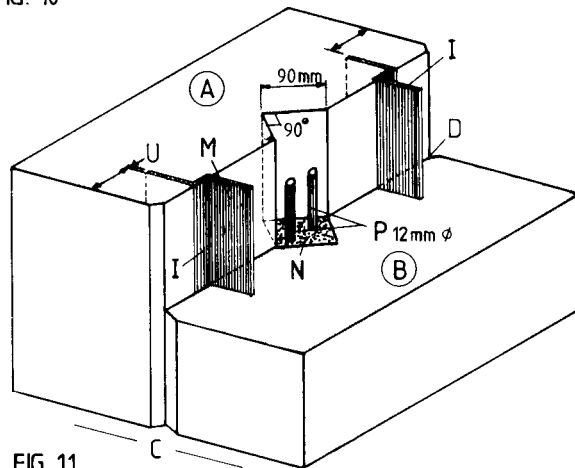


FIG. 11

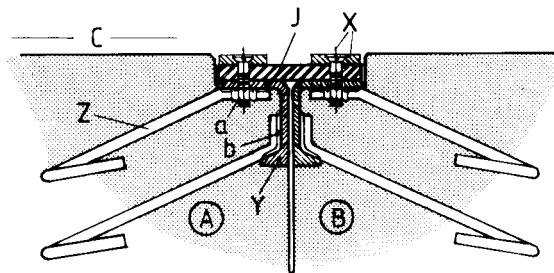


FIG. 12

Fig. 10-11-12

Types de joints waterstops en métal  
avec joints bitumineux ou en caoutchouc.

*Typical metal waterstops with bituminous or rubber seals.*

- |   |  |
|---|--|
| Fig. 10 Waterstop en cuivre avec étanchéité secondaire en bitume. | Fig. 10 Copper waterstop with secondary bituminous seal. |
| Fig. 11 Joint étanche bitumineux entre waterstops en cuivre.      | Fig. 11 Bituminous seal between copper waterstops.       |
| Fig. 12 Waterstop déformable pour utilisation en surface.         | Fig. 12 Flexible surface waterstop.                      |
| A Plot premier.   | A 1st concrete.  |
| B Plot second.  | B 2nd concrete.  |
| C Face amont (au contact de l'eau).                               | C Water face.  |
| D Joint vertical.   | D Vertical joint.  |
| I Waterstop en cuivre recuit.                                     | I Annealed copper waterstop.                             |
| J Bande waterstop, en caoutchouc ou PVC.                          | J Rubber or PVC waterstop pad.                           |
| M Peinture bitumineuse.   | M Bitumen paint.   |
| N Bitume de scellement.   | N Bitumen sealant.                                       |
| P Tuyau calorifère.   | P Heating pipe.  |
| U Tôle de 2 mm.   | U 14 gauge.  |
| W Tenon de cisaillement.  | W Shear key.   |
| X Plot de serrage en bronze avec vis et écrous décollés.          | X Bronze holding down strap and machine nuts and bolts.  |
| Y Cornières à ailes inégales en bronze ancrées dans le béton.     | Y Bronze unequal angles anchored in concrete.            |
| Z Barres d'ancrage.   | Z Anchor bars.   |
| a Soudures par points sur les cornières.                          | a Spotwelded to angles.                                  |
| b Soudure.  | b Weld.  |

*Note*

Lorsqu'elles sont indiquées, les cotes sont des ordres de grandeur.  
*Dimensions where shown are typical.*

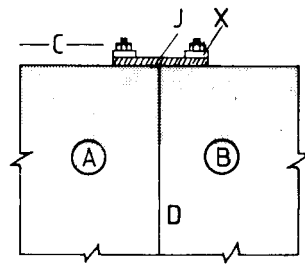


FIG. 13

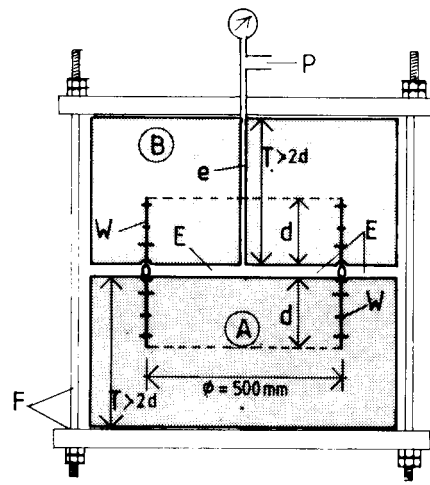


FIG. 14



Fig. 13

Types de waterstops de surface en bande.  
*Typical plate surface waterstop.*

A	Plot premier.	A	1st concrete.
B	Plot second.	B	2nd concrete.
C	Face amont (au contact de l'eau).	C	Water face.
D	Joint vertical ou horizontal.	D	Vertical or horizontal joint.
J	Bande waterstop, en caoutchouc ou PVC.	J	Rubber or PVC waterstop pad.
X	Plaque de serrage en acier inoxydable avec goujons.	X	Stainless steel holding down plate and anchor bolts or studs.

Fig. 14

Essais pratiques sur waterstops.  
*Practical test of waterstop.*

A	Plot premier.	A	1st concrete.
B	Plot second.	B	2nd concrete.
E	Vide horizontal d'un maximum de 30 mm représentant le joint. Rempli de substance poreuse pour supporter le bloc supérieur durant le coulage.	E	Horizontal gap of not more than 30 mm to represent joint. Filled with porous material to support upper block during casting.
W	Waterstop avec extrémités raboutées formant un cercle de 500 mm de diamètre.	W	Waterstop with ends welded together to form 500 mm $\varnothing$ ring.
d	Profondeur d'ancrage du waterstop.	d	Depth of embedment of waterstop.
T	Épaisseur du bloc de béton — doit être supérieure à 2 d.	T	Thickness of concrete block — must be greater than 2 d.
e	Tuyau d'eau débouchant dans le joint E.	e	Water standpipe leading into joint E.
F	Cadre de serrage des blocs.	F	Frame to restrain blocks.
P	Pression d'eau effectivement appliquée — égale à la pression maximale prévue de l'eau au droit du joint (maintenue pendant 2 mois).	P	Applied water pressure — equal to predicted maximum water pressure at joint (maintained for a period of 2 months).

Imprimerie de Montlignon  
61400 La Chapelle Montlignon  
Dépôt légal : avril 1986  
N° 12812  
ISSN 0534-8293  
Couverture : TILT

**Copyright © ICOLD - CIGB**

*Archives informatisées en ligne*



*Computerized Archives on line*

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



---

**International Commission on Large Dams  
Commission Internationale des Grands Barrages  
151 Bd Haussmann -PARIS -75008**  
*<http://www.icold-cigb.net> ; <http://www.icold-cigb.org>*