

Rapport technique / domaine des travaux spéciaux

Contenu : Divers procédés d'étanchéité

Rédaction : Schiavone Patrick et Ratsa Vasyl / Etudiants ETC 3^{ème} année / 1700 Fribourg

Date : 15 mars 2022

Introduction

Ce travail concerne la présentation des divers procédés d'étanchéité et drainages pour les ouvrages enterrés et souterrains. L'étanchéité peut être apparente, recouverte d'un revêtement ou d'un remblai, mais pourquoi on décide donc d'étancher les ouvrages enterrés et souterrains... ?

Et bien pour que les ouvrages enterrés soient protégés et qu'ils puissent contribuer à leur durabilité, la chape d'étanchéité assure une barrière efficace contre l'eau qui est souvent la cause de pathologies du béton et de corrosion des armatures.

C'est pour cela que nous allons nous intéresser à l'étude et l'exécution des mesures de protection des ouvrages exposés à l'eau :

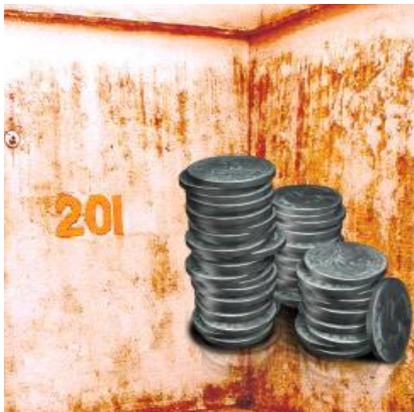
- aux eaux souterraines (sous pression hydrostatique ou non)
- aux eaux superficielles
- aux eaux d'exploitation
- aux problèmes posés par la condensation
- aux problèmes posés par l'écoulement dans le terrain d'eaux venant des ouvrages et chargées de diverses substances
- aux problèmes posés par le transfert d'humidité dans le béton et la maçonnerie (humidité capillaire).

Les travaux d'étanchéité sont dirigés par des normes dont les principales sont :

- Norme SIA 262 Construction en béton
- Norme SIA 271 L'étanchéité des bâtiments
- Norme SIA 272 Etanchéité et drainage d'ouvrages enterrés et souterrains
- Norme SIA 273 Etanchéités des surfaces carrossables des bâtiments
- Norme SIA 274 Etanchéités des joints dans la construction

La norme SIA 272 « Etanchéité et drainages d'ouvrages enterrés et souterrains » décrit huit systèmes d'étanchéité en vue de l'application pratique, chaque système étant complet en lui-même.

Il y a deux points particuliers qui seront pris en considération. Le premier est la nécessité de constituer une surface d'étanchéité sans lacunes et en deuxième est celle de prendre conscience que les étanchéités, les drainages et les isolations thermiques d'ouvrages enterrés et souterrains **ne sont plus accessible** après l'achèvement des travaux. C'est pour cela que ça nécessite une étanchéité adéquate pour éviter :



des frais énormes



des travaux de réhabilitation onéreux



des restrictions pour l'utilisation

Exigences et classes d'étanchéité

L'eau et l'humidité sont susceptibles d'endommager les ouvrages. Pour cette raison, il est important de prendre des mesures dès le départ des études afin de protéger l'ouvrage et ses aménagements.

Les concepts et systèmes d'étanchéité seront étudiés, planifiés et réalisés en fonction des conditions spécifiques de l'ouvrage.

La convention d'utilisation

C'est une étape très importante dans la construction d'un ouvrage. Elle définit les exigences relatives à l'étanchéité en utilisant les classes d'étanchéité. La durée d'utilisation de l'étanchéité sera également définie en fonction de celle de l'ouvrage.

Les classes d'étanchéité prévues seront données dans un plan faisant partie de la convention d'utilisation. Elle doit être portée à la connaissance de tous les intervenants.

La norme SIA 272 définit quatre classes d'étanchéité en fonction de l'utilisation des locaux et donc de l'humidité admissible dans ceux-ci.

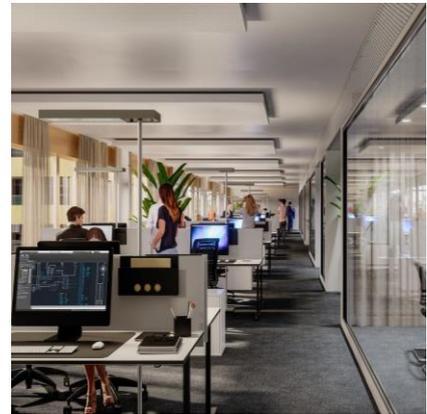
Classe 1 :

Complètement sec.

Aucune tâche d'humidité n'est tolérée à l'intrados de l'ouvrage.

Exemples :

- Habitation et ateliers, dépôts pour articles sensibles (papier, archives . . .)
- Locaux pour des ordinateurs, appareils électriques etc.



Classe 2 :

De sec à légèrement humide.

Des taches d'humidité isolées sont tolérées, des égouttures à l'intrados de l'ouvrage ne le sont pas.

Exemples :

- Entrepôts pour marchandises ne craignant pas l'humidité comme par exemple le verre . . .
- Caves et locaux de sous-sol (vélos, chauffage)



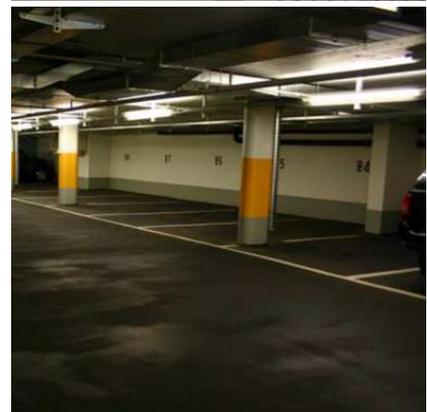
Classe 3 :

Humide.

Des taches d'humidité localement limitées et des égouttures isolées à l'intrados de l'ouvrage sont tolérées.

Exemples :

- Parois de garages souterrains
- Remarque:
Dalles = classe d'étanchéité 1 ou 2

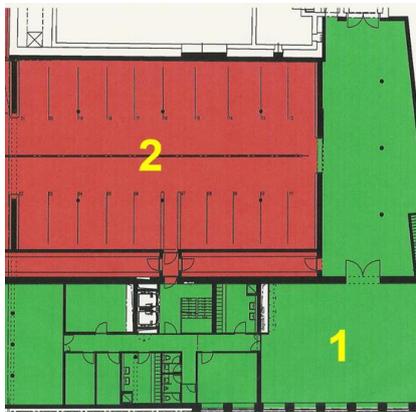


Classe 4 :
Humide à mouillé.
Des taches d'humidité et des égouttures sont tolérées.
Exemples :

- Parois moulées de parking souterrain
- Remarque :
Dalles = classe d'étanchéité 1 (ou éventuellement classe 2, à voir selon exigence)



Exemple dans la pratique :



Une image qui pourrait nous montrer l'aspect pratique. Nous avons ici un plan d'étanchéité au sous-sol.

En vert, nous avons un espace bureau de CLASSE 1. Comme indiqué plus haut, des tâches humides ne sont donc pas du tout tolérées. Cependant, si on a des microfissures mais sans eau, alors des injections doivent être faites pour autant que l'accès soit facilement praticable.

En rouge, nous avons un garage souterrain sans chape et sans revêtement de sol de CLASSE 2. Comme indiquer également en haut, quelques points humides isolés sont admis. Même particularité que dans la CLASSE 1, les microfissures sans eau ne sont pas admises. Il faut souligner, qu'en cas de venues d'eau, des injections de fissures et reprises doivent être exécutées.

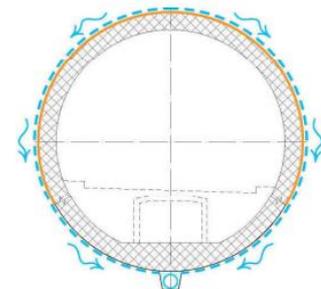
A noter que, si en rouge nous avons un garage souterrain AVEC chape et revêtement de sol, il se situerait dans la CLASSE 1.

Concepts d'étanchéité selon la norme SIA 272, édition 2009

Comment on choisit le concept d'étanchéité ?

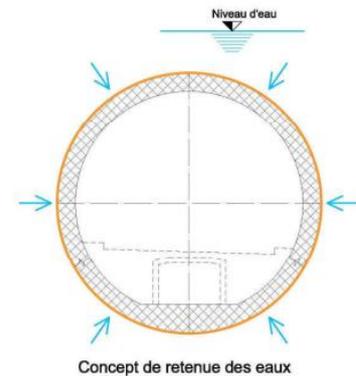
Le choix du concept d'étanchéité dépend beaucoup de l'utilisation de l'ouvrage et de considérations hydrogéologiques (étude de l'eau souterraine) et écologiques (fonctionnement de populations et d'écosystèmes). Lorsque nous avons fait le choix, il y a surtout à savoir faire la différence entre **le concept d'évacuation** des eaux et **le concept de retenue** des eaux.

En ce qui concerne **le concept d'évacuation** des eaux, les eaux souterraines ou du massif et les eaux de surfaces sont captées par drainage entre le terrain et l'ouvrage, ensuite elles seront conduites et évacuées au point le plus bas.



Concept d'évacuation des eaux

Dans **le concept de retenue**, au contraire de l'évacuation, les eaux souterraines ou du massif ne sont pas évacuées. Le concept de retenue et les systèmes d'étanchéité contre l'eau sous pression seront appliqués à l'ensemble de l'ouvrage.



On veut rendre attentif qu'il y a plusieurs exemples connus en présence d'une nappe phréatique ou eau sous pression comme :

- Parkings souterrains
- Locaux utilitaires
- Tunnels
- Bassins et réservoirs d'eau
- Stations souterraines
- Locaux de protection civile et caves

Vue d'ensemble des systèmes d'étanchéité

Désignation des systèmes

Par désignation, on entend le matériau de la couche d'étanchéité.

La première désignation est celle des « **systèmes rigides** » :

- L'asphalte coulé (MA)

Le système d'étanchéité est constitué principalement d'une couche d'asphalte coulé et également d'éléments complémentaires comme par exemple, des raccords de bord (fermeture de bord), l'étanchement de joints et pour finir des raccords aux traversées .

Le système peut être utilisé soit en présence d'eaux de surface, d'eaux d'exploitation et de remontées capillaires soit alors sur des surfaces horizontales ou inclinées jusqu'à 8%.

- Les mortiers étanches (WDM)

Le système d'étanchéité est constitué d'une couche de mortier étanche et des éléments complémentaires tels que l'étanchement de joints, les raccords aux traversées et des injections.

Le système est utilisé avec adhérence au support.



- Les constructions en béton étanche (WDB)

Un système d'étanchéité d'une construction en béton étanche à l'eau consiste, selon la norme SIA 272, en une construction étanche à l'eau à laquelle s'ajoute, si nécessaire, des mesures ou dispositifs complémentaires.

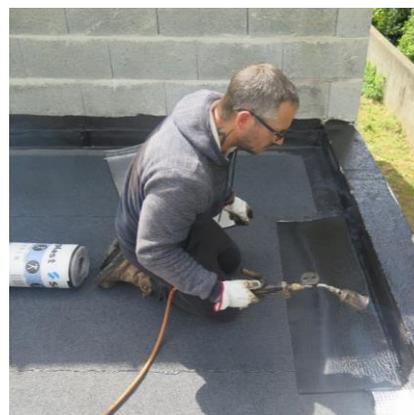


La deuxième désignation est celle des « **système (étanchéités) flexibles** » :

- Les lés d'étanchéité à base de bitume polymère (PBD)

Le système d'étanchéité est constitué d'une ou de plusieurs couches de lé d'étanchéité à base de bitume polymère et des éléments complémentaires tels que des raccords de bord (fermeture de bord), l'étanchement de joints, des raccords aux traversées.

Le système est utilisé avec adhérence au support.



Exception : la couche d'étanchéité est mise en œuvre avant l'exécution de la structure en béton fondation (radier).

Dans ce cas il n'y a pas de liaison ou d'adhérence entre le béton et l'étanchéité.

- Les lés d'étanchéité en matière synthétique (KDB)

Le système d'étanchéité est constitué d'une couche de lé d'étanchéité en matière synthétique et des éléments complémentaires tels que des raccords de bord (fermeture de bord), l'étanchement de joints, des raccords aux traversées.

Le système est utilisé avec ou sans adhérence au support.

Dans le cas de l'application avec adhérence, le lé d'étanchéité est collé entièrement avec et sans vide intermédiaire sur l'ouvrage en béton (voir photo ci-contre).

Dans le cas de l'application sans adhérence (pose libre), la couche d'étanchéité est mise en œuvre avant l'exécution de la structure en



béton (dalle, fondations, éléments coffrés, etc.) Dans ce cas, il n'y a pas de liaison avec le support. Suivant les données spécifiques de l'ouvrage, des couches d'égalisation ou de drainage sont posées dans l'espace entre la couche d'étanchéité et le support.

Le système peut être appliqué en présence d'eaux superficielles sans pression, ou alors face à des eaux sous pression hydrostatique, horizontalement ou verticalement. Il trouve également une application horizontale ou verticale face à des remontées capillaires.

Les **épaisseurs de couches** de lés d'étanchéité en matière synthétique seront les suivantes :

- sans pression hydrostatique $\geq 2\text{mm}$
- avec pression hydrostatique $\geq 3\text{mm}$
- remontée capillaire $\geq 1,2\text{mm}$



Compartimentages

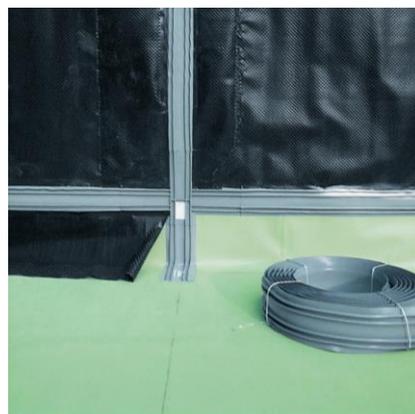
Des compartiments seront prévus dans les couches étanchéité sans adhérence au support. Leur surface, qui ne dépassera pas 200m², sera fixée en fonction des données spécifiques de l'ouvrage (géométrie, déroulement des travaux, traversées, etc.)

Ci-contre :

Une photo avec une étanchéité (vert), couche de protection (noir) et bande de joint, soudée thermiquement sur l'étanchéité « verte ».

Avantages: Idéal pour formes géométrique compliquées, ouvrages enterrés, piscines, réservoirs, tunnels.

Désavantages: Fuites difficiles à localiser et réhabilitation couteuse. L'étanchéité n'est plus accessible (si enterrée). Pas de liaison avec le béton mais pose libre (sauf si collée en plein).



- Les lés d'étanchéité à base d'argile (TDB)

Le système d'étanchéité a une couche de lé d'étanchéité à base d'argile et des éléments complémentaires tels des raccords de bord. La couche d'étanchéité en argile est constituée d'un granulat ou d'une pâte de bentonite sodique. La bentonite est une argile colloïdale (système très divisé de grains ou de gouttes).

Concernant l'application, on le fait sans adhérence au support, de conséquence une surcharge d'au moins 200kg/m² est nécessaire.

Avantage : Gonflable en présence d'eau

Désavantage : il y a des fuites difficiles à localiser.



- Les étanchéités synthétiques liquides (FLK)

Le système d'étanchéité est constitué d'une couche d'étanchéité synthétique mise en place sous forme liquide et des éléments complémentaires tels que des raccordements de bord, l'étanchement de joints, des raccordements aux traversées.

Concernant l'application, on le fait avec adhérence au support (contrairement à l'étanchéité à base d'argile). Le système il peut être appliqué en présence d'eau soit autant sous pression d'eau que non. On peut également l'appliquer horizontalement et verticalement.



Membranes synthétiques liquides (FLK)

FLK est une étanchéité par une simple pulvérisation sur site avec un durcissement rapide comme l'éclair, sans raccords et joints avec une capacité de pontage de fissures élevées.

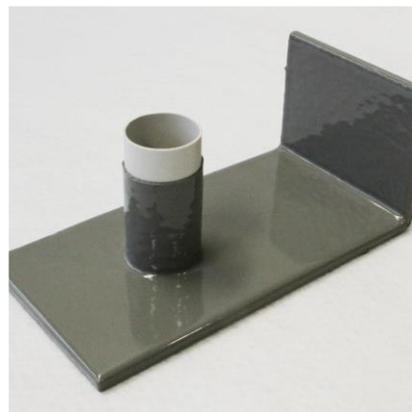
Elle adhère solidement au support.

Membranes synthétiques liquides **hautement réactive**

Il s'agit d'un système à 2 composants qui durcit en quelques secondes et doit être appliquées avec une machine spéciale à 2 composants.

Avantage : durcissement très rapide, praticable et résistant après très peu de temps.

Rendement : jusqu'à 1'000m² par jour.



- Les étanchéités à base de polymère de bitume modifié, revêtement épais (KMB).

Le système d'étanchéité est constitué d'une couche de bitume polymère et des éléments complémentaires tels que des raccordements de bord, l'étanchement de joints, des raccordements aux traversées.

Le système est appliqué avec adhérence au support.

Le système peut être appliqué face à des venues d'eau sous pression issues du sol et face à des eaux superficielles et des remontées capillaires.

En principe, il s'agit d'un enduit de protection souple à monocomposant à base d'une **émulsion de bitume**, renforcé de fibres, amélioré de matières synthétiques et exempt de solvants.

Enduit épais pour la protection et l'étanchement d'ouvrages en béton recouverts de terre, contre l'humidité et les eaux agressives de béton (acides humiques) provenant du sous-sol, en particulier pour parois extérieures en béton et fondations enfouies dans le sol, dalles, piliers et murs de soutènement recouverts de terre.



Quelques extraits importants de la norme SIA 272, § 3.1

Spécifications relatives aux matériaux

- 3.1.2.1 Les constructions en béton étanche peuvent être réalisées en utilisant aussi bien du béton selon les propriétés que du béton selon la composition.

Dans le cas de béton selon les propriétés, il est indiqué de choisir une faible résistance à la compression et une résistance élevée à la pénétration de l'eau, par exemple la classe d'exposition XC2 selon la norme SIA 262, mais avec une profondeur de pénétration $e_w \leq 50$ mm selon la norme SN EN 12 390-8.

Dans le cas de béton selon la composition, les valeurs suivantes seront prises en considération à titre indicatif: $E/C \leq 0,55$, avec adjonction éventuelle d'un fluidifiant, dosage en ciment correspondant à la granulométrie des agrégats (courbe de tamisage) ≥ 280 kg/m³, complété par des fines minérales, préférence donnée aux ciments à chaleur de prise aussi faible que possible.

Si le béton est exposé aux chlorures, au gel et aux sels de déverglaçage, on choisira la classe d'exposition selon la norme SIA 262 ou procédera à une adaptation de la composition du béton.

Concernant les largeurs des fissures, elles peuvent être réduites au minimum par la mise en place d'une armature minimale de fissuration selon norme SIA 262.

1. Classe d'étanchéité 1 : ça concerne des exigences élevées. Il faut prévoir l'ouverture nominale des fissures ≤ 0.2 mm.
2. Classe d'étanchéité 2 : ça concerne des exigences accrues. Il faut prévoir l'ouverture nominale des fissures $\leq 0,5$ mm.
3. Classe d'étanchéité 3 : ça concerne les exigences normales.

Il faut savoir que les espacements d'armatures ne doivent pas dépasser les 1,5 cm pour les classes d'étanchéité 1 à 3. Alors que les ouvrages de classe d'étanchéité 4, au contraire ne sont pas soumis à des recommandations particulière.

La pratique a montré qu'un **béton « Sorte C »** convient parfaitement pour un béton étanche. On évitera dans tous les cas un béton contenant un surdosage de ciment ou une qualité de ciment le rendant trop « cassant » et « fragile ».

Sources

Normes SIA

Documentation Sika - <http://www.sika.ch/>

Documentation Max Frank - <http://www.maxfrank.com/>

Documentation Rascor - <http://www.rascor.com/>

Google / image