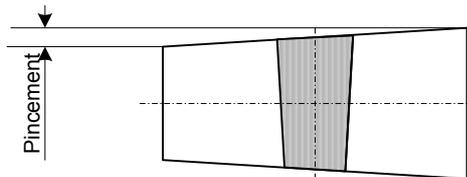


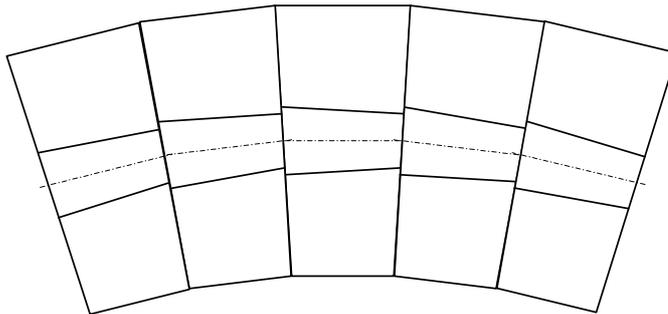
VOUSSOIRS

1. Généralités

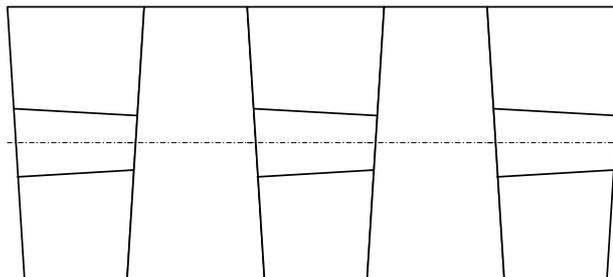
Il existe différents types de voussoirs, chaque entreprise développant un principe fonction d'une technique propre. Aujourd'hui, le principe le plus répandu est de type universel. L'anneau de voussoirs universel est constitué de plusieurs voussoirs de formes et tailles similaires, et d'une clé plus petite que les voussoirs courants. Les faces en contact de la clé avec les voussoirs courants ne sont pas parallèles



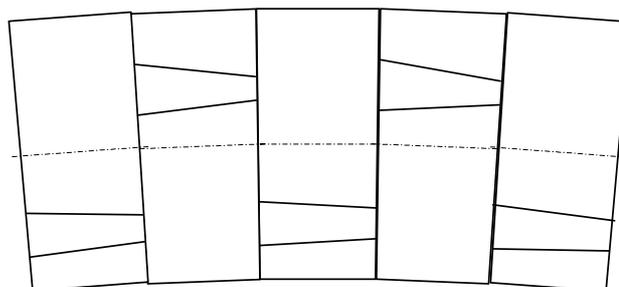
Vu de profil, l'anneau a ses deux faces non parallèles (forme de trapèze). Pour réaliser un virage de rayon mini, on aligne toutes les clés de chaque anneau:

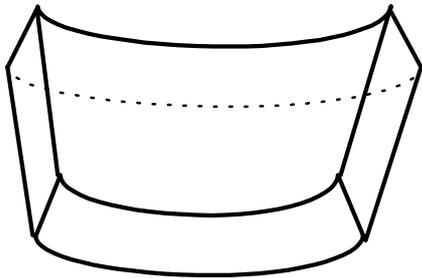


Pour réaliser un tunnel rectiligne, on alterne une clé en haut et une clé en bas.



Pour réaliser un virage de plus grand rayon, on positionne les clés sur une des positions intermédiaires:

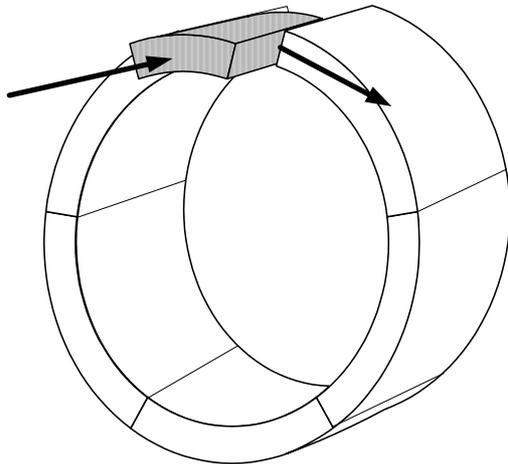
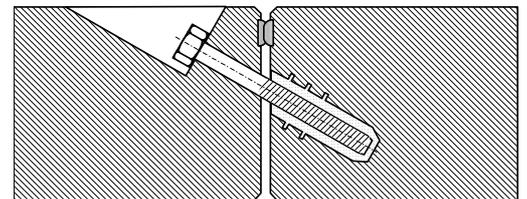




Chaque voussoir est boulonné sur l'anneau précédemment posé par des boulons vissés manuellement. Ces boulons sont mis en place pour maintenir le voussoir pendant la pose. Ils ne sont pas nécessaires à la tenue du tunnel au cours de son exploitation, et peuvent même dans certains cas être démontés avant les travaux de finition du tunnel. Les voussoirs d'un même anneau peuvent aussi être boulonnés entre eux, mais la tendance actuelle consiste

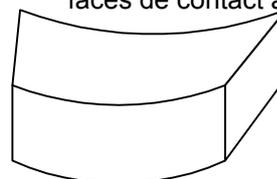
à ne boulonner que la clé sur les contre clés.

Chaque voussoir est entouré d'un joint caoutchouc alvéolaire collé dans une gorge. Les joints sont compressés l'un sur l'autre au moment de la pose afin d'assurer l'étanchéité:

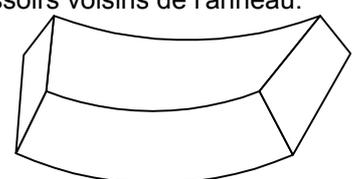


La clé est l'élément installé en dernier. Son rôle est de fermer l'anneau en écartant les voussoirs sous l'effet d'une poussée axiale lors de son montage, de façon à assurer la compression des joints entre voussoirs de l'anneau, et réaliser l'étanchéité.

La forme de la clé peut être de deux types, fonctions des faces de contact avec les voussoirs voisins de l'anneau:



A faces radiales

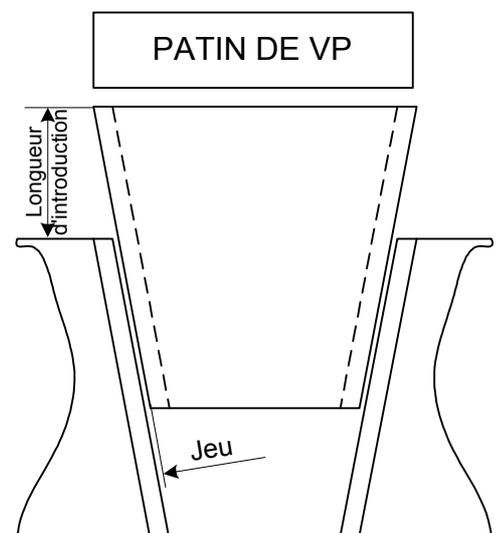


A faces parallèles

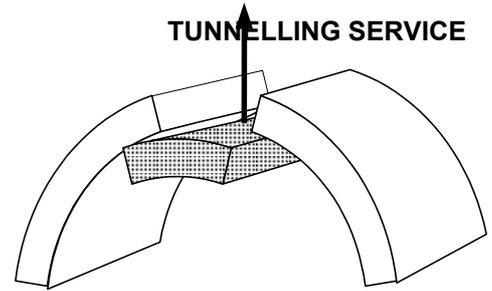
La clé à face radiale est la forme qui donne la meilleure répartition d'effort dans l'anneau sous le chargement de pression. Mais la forme à face parallèle permet d'avoir une longueur d'introduction beaucoup plus courte.

Aucun des voussoirs n'a la même forme à cause du pincement général de l'anneau.

La longueur d'introduction est la distance nécessaire pour introduire la clé entre les deux contre clés lors du montage, afin de laisser un jeu latéral suffisant (entre 20 et 30 mm).

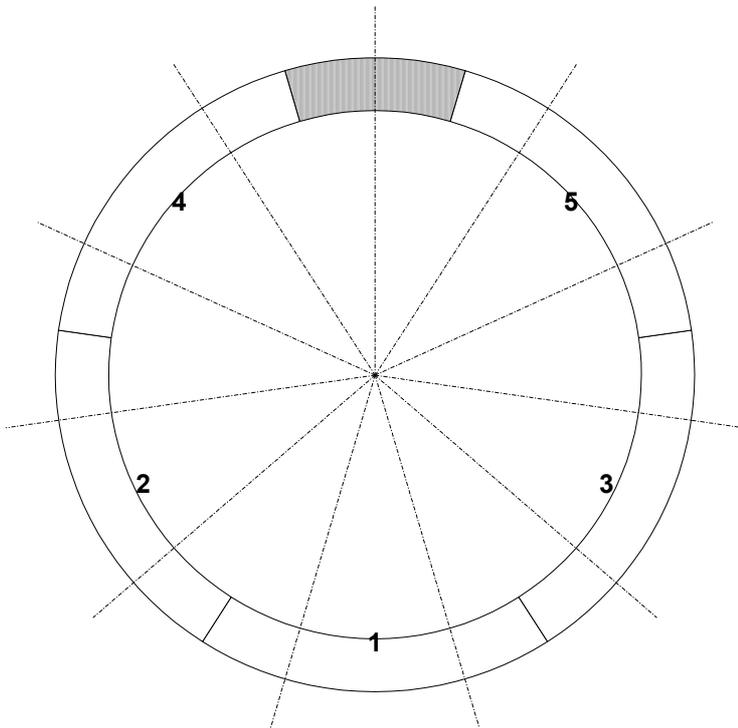


Cette longueur d'introduction entre dans le calcul de la course des vérins de poussée axiale, puisque le jeu entre les patins complètement rétractés et l'anneau en cours de pose doit être toujours plus grand que cette longueur.



2. Voussoir universel

Dans un voussoir universel, on divise le cercle en n parties égales, n étant appelé nombre de positions de clé.



Dans l'exemple ci-contre, à 5 voussoirs plus une clé, le nombre de positions de clé est de 11. A chaque position de clé correspond un boulon de fixation. Chaque voussoir occupe $2/11^{\text{ème}}$ du cercle et la clé $1/11^{\text{ème}}$. La clé peut être posée dans chacune des 11 positions définies par les traits d'axe.

Chaque vérin de poussée de la tête de coupe (ou couple de vérin) est positionné en face de chaque position de clé, soit au total 11 ou 22 vérins.

En résumé, le tableau ci-dessous présente la valeur du nombre de positions de clé en fonction du nombre de voussoirs et le décalage angulaire entre deux positions voisines.

Nombre de voussoirs	Nombre de positions	Décalage angulaire
5 + 1	11	32,7°
6 + 1	13	27,7°
7 + 1	15	24,0°
8 + 1	17	21,2°
9 + 1	19	18,9°
10 + 1	21	17,1°