

PERSPECTIVES D'AVENIR

par

J.P. JASPART
Chercheur Qualifié du FNRS

Département MSM
Université de Liège

1. INTRODUCTION

Les intervenants précédents ont eu, au cours de leur exposé, l'occasion d'aborder l'ensemble des problèmes liés à l'utilisation des boulons dans la construction métallique, tant du point de vue de la mise en oeuvre que du calcul, de la conception, de la fabrication, ... Ces exposés qui couvrent de manière complète toutes les facettes du problème ont toutefois tous un commun dénominateur qui est de se placer dans le cadre de l'utilisation de boulons classiques "vis + écrou + rondelles" précontraints ou non. Ces boulons représentent une partie très importante du marché belge des boulons de construction métallique, ce qui explique et justifie l'option choisie dans les exposés précédents.

En réalité, bon nombre de solutions alternatives, souvent peu connues, existent; ces "nouveaux boulons" peuvent soit se substituer au boulon classique, dans un certain nombre de situations précises, soit apporter une solution appropriée à des problèmes pour lesquels le boulon classique ne peut être utilisé. Le présent chapitre se donne dès lors comme objectif de décrire quelques-uns de ces produits pour lesquels des études de comportement sont parfois encore en cours ou en projet.

Les produits répertoriés dans ce chapitre, au nombre de neuf, sont répartis en trois catégories:

. **Nouveaux types de boulons**

Boulons à haute résistance filetés sur toute la longueur

Boulons de gros diamètre

Boulons injectés

. **Boulons à système original de mise en précontrainte**

Boulons "TC"

Boulons sertis Huck-Fit

Boulons à indicateur de précontrainte

. **Boulons "aveugles"**

"Flowdrill"

Goujons filetés

Boulons "aveugles" précontraints

Pour chacun de ces produits, un bref descriptif est fourni dans les pages suivantes; l'attention du lecteur y est attirée sur les principaux avantages et inconvénients liés à leur utilisation.

2. NOUVEAUX TYPES DE BOULONS

2.1 Boulons à haute résistance filetés sur toute la longueur

A l'heure actuelle, on observe une augmentation très marquée de l'utilisation de boulons dont la vis est filetée sur toute la longueur, par rapport aux boulons conventionnels qui présentent une tige lisse sur la majeure partie de la zone active.

Cette tendance a des causes principalement économiques. On peut en effet citer comme avantages présentés par les boulons filetés sur toute leur longueur :

- des lots plus importants à la commande;
- la diminution du nombre de postes différents permet l'approvisionnement "just-in-time" ou, tout au moins réduit de façon appréciable les quantités stockées;
- moins de manipulations et plus aucun tri à effectuer;
- assemblage et montage plus rapides;
- disparition, au chantier, des tableaux de localisation des différents boulons;
- diminution quasi totale du risque d'erreurs;
- réduction importante des rebuts.

Il y a seulement deux facteurs qui pourraient augmenter le prix de ces boulons par rapport aux boulons courants. Ce sont :

- l'augmentation de la quantité de matière nécessaire;
- le nombre plus important de filets à former.

Mais l'effet de ces deux facteurs est relativement faible et devrait être compensé chez le fabricant par la diminution du nombre de types de boulons différents et donc par le nombre d'opérations de réglage des machines. De toute façon, cet effet est insignifiant vis-à-vis des économies qui peuvent être réalisées sur chantier.

Une étude récente [1], effectuée en Angleterre, a montré que, dans le cas de la construction d'un immeuble de bureau (19.000 m² et 1.520 t d'acier), il aurait fallu 70 sortes différentes de boulons ordinaires. En choisissant des boulons filetés sur toute la longueur, ce nombre a été réduit à 7; une réduction de 10 à 1. Même dans le cas d'une "petite" construction, cette réduction est de 4 à 1.

La grande différence qui existe entre les deux types de boulons réside dans l'influence qu'ils ont sur la déformabilité des assemblages. En effet, que l'on considère le comportement en traction, en cisaillement ou encore à la pression diamétrale, la déformabilité de l'assemblage sera plus importante avec des boulons filetés sur toute leur longueur.

Toutefois, dans le cas des boulons tendus, la résistance du boulon est identique, alors qu'il s'agit de la situation pour laquelle la différence de déformabilité est la plus importante (elle est proportionnelle à la longueur filetée sous écrou), car on atteint la rupture dans la section résistante avant le début de plastification de la section nominale.

En ce qui concerne la déformation due au cisaillement, il faut bien distinguer l'état ultime de l'état de service [2]. A la rupture, la déformation est plus grande si le plan de cisaillement est dans la partie non filetée. Par contre, sous les charges de service, la situation est légèrement inversée; les efforts étant, bien sûr, proportionnels aux sections considérées.

Quant à la détermination de la résistance à la pression diamétrale, il s'agit d'un phénomène local assez complexe. Si on se réfère à la formule de calcul qui postule que la résistance est proportionnelle au diamètre du boulon et à l'épaisseur des plats, on trouve une valeur environ 10 % plus faible si la zone correspondante du boulon est filetée. Or, les quelques résultats d'essais disponibles montrent que la situation est exactement inverse [3].

Cette "anomalie" peut s'expliquer aisément de la manière suivante : les plats sont soumis à des concentrations de contraintes locales très élevées près des boulons; il s'ensuit des déformations importantes et notamment une augmentation d'épaisseur notable. Dans le cas des boulons non filetés dans la zone soumise à compression, seuls l'écrou et la tête du boulon s'opposent à ce gonflement. Par contre, si des filets sont en contact avec le bord du trou, ils provoquent des concentrations de contraintes tri-axiales très importantes, pénètrent dans la tôle et réduisent ainsi des déformations dans le sens de l'épaisseur.

L'expérience semble ainsi montrer que le diamètre nominal peut toujours être valablement considéré pour la détermination de la résistance à la pression diamétrale.

Des normes nationales ont déjà été établies au sujet des boulons filetés sur toute la longueur [4],[5], mais leur utilisation reste encore très limitée car les investigations effectuées jusqu'à présent pour évaluer leur comportement dans des assemblages réels, sont généralement considérées comme insuffisantes. La plus grande déformation d'assemblages composés d'un grand nombre de plats est la source principale des craintes des utilisateurs.

Il faut aussi remarquer que la sévérité des normes relatives aux boulons filetés sur toute la longueur est inférieure à celle des normes traitant des boulons ordinaires à haute résistance, pouvant être précontraints. Cette sévérité est comparable à celle des codes pour boulons destinés uniquement à des assemblages travaillant au cisaillement.

Mais le point majeur qui demande des essais de vérification est la mise en précontrainte des boulons entièrement filetés. En effet, la plupart des méthodes de serrage nécessitent le contrôle de l'angle de rotation de l'écrou par rapport à la vis. Or, dans le cas de ces boulons, les déformations produites par le serrage sont réparties très différemment dans la tige de la vis et l'élongation totale doit être sensiblement plus importante. Il est donc absolument nécessaire de contrôler si les formules correspondant à ces méthodes ne nécessitent pas une adaptation. Même dans le cas du serrage par le seul contrôle du couple, la rotation sera plus importante, et il est connu que dans ces conditions, le coefficient de frottement entre les filets (k) est différent, tous les autres paramètres étant identiques.

Comme l'emploi des tiges filetées, même précontraintes, se répand de plus en plus, que leur comportement est également très peu connu, mais qu'il peut être assimilé d'une

certaine manière à celui des boulons entièrement filetés, un programme d'essais a été mené par la Section Construction Métallique du CRIF durant la biennale 1993-1994, programme dont les résultats seront très prochainement disponibles.

2.2 Boulons de gros diamètre

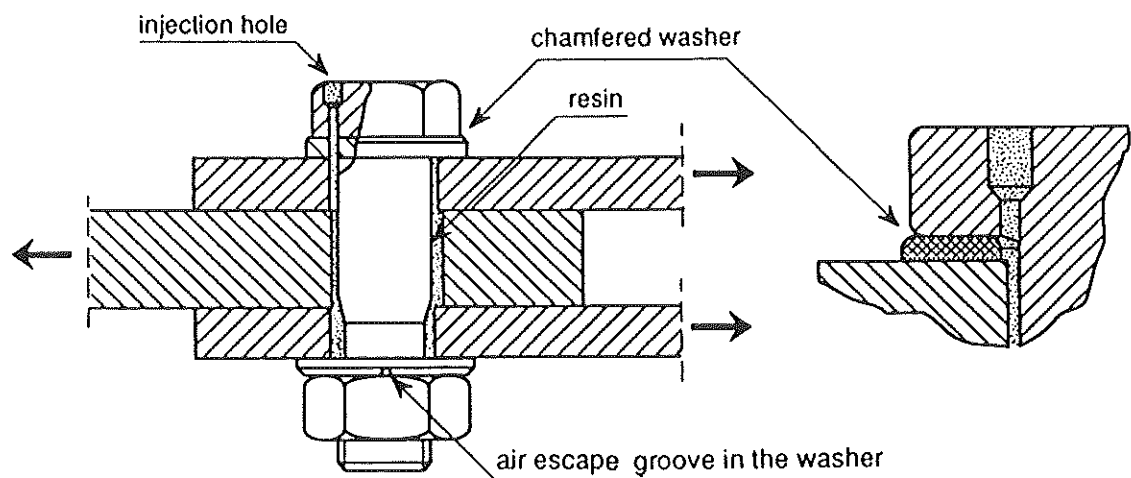
Le diamètre des boulons utilisés dans la construction ne cesse d'augmenter. Il y a plusieurs raisons à ce changement, dont les principaux sont :

- l'utilisation d'éléments en acier à plus haute limite d'élasticité; ce qui engendre des efforts plus importants dans les assemblages;
- le gain de temps au montage, qui devient une nécessité impérative dans certains cas;
- l'apparition d'engins de serrage plus puissants et plus maniables;
- la possibilité d'obtenir des boulons de gros diamètre ayant de bonnes caractéristiques d'utilisation.

Il subsiste toutefois certaines restrictions et même des incertitudes quant à l'emploi de ces boulons. En effet, il faut savoir qu'au delà du diamètre 30, le filet des vis est taillé et non plus roulé, car les machines de fabrication ne sont pas assez puissantes. En outre, les caractéristiques mécaniques moyennes diminuent, et finalement, les méthodes de mise en oeuvre doivent être adaptées ou tout simplement sont différentes.

Ces constatations montrent le besoin, relativement urgent, de procéder à des investigations sur le comportement de ces produits et à définir clairement des règles concernant leur utilisation en chantier. Une proposition de recherche de la Section Construction Métallique du CRIF, pour la biennale 1995-1996, y a d'ailleurs trait.

2.3 Boulons injectés



Les boulons injectés sont des boulons pour lesquels l'espace libre entre le fût du boulon et les parois du trou est comblé à l'aide d'une résine à deux composants. Le remplissage de ce jeu s'effectue grâce à un petit trou pratiqué dans la tête de la vis. Après remplissage

et prise de la résine, l'assemblage n'est plus sensible aux glissements.

Les boulons s'utilisent donc pour la réalisation d'assemblages cisailés, où ils constituent une alternative aux boulons calibrés, aux rivets ou aux boulons à haute résistance précontraints.

La transmission des efforts s'effectue soit par cisaillement et pression diamétrale (boulons injectés non précontraints), soit par cisaillement et frottement (boulons injectés précontraints).

Avantages

- Les boulons injectés peuvent être installés dans des trous de diamètre habituel, c'est-à-dire de 2 ou 3 mm supérieurs au diamètre du boulon. Ce n'est pas le cas des boulons calibrés.

Des trous surdimensionnés peuvent être utilisés pour les plats intérieurs et extérieurs, ainsi que des trous oblongs pour les plats intérieurs. Ceci facilite grandement le montage et l'alignement de la structure. Après injection et prise de la résine, tout glissement est empêché. Dans le cas de trous surdimensionnés ou oblongs, une réduction de la résistance de calcul à la pression diamétrale est toutefois nécessaire.

- Les boulons injectés constituent une solution intéressante dans le cas d'assemblages à faible coefficient de frottement pour lesquels tout glissement est proscrit (réparation d'anciens assemblages rivetés, plats peints, plats galvanisés à chaud).

- Les boulons injectés travaillant à la pression diamétrale et au frottement (ou cisaillement des fûts), le nombre de boulons nécessaires à la reprise des efforts appliqués est par conséquent réduit. La réduction du nombre de boulons a toute son importance lorsque la place disponible pour la réalisation de l'assemblage est limitée.

- Dans les assemblages à boulons précontraints, un glissement peut survenir en raison d'une surcharge. Avec les boulons injectés, aucun glissement soudain ne peut survenir.

- Pour une épaisseur raisonnable des plats, la résistance de calcul à la pression diamétrale est similaire à la résistance au glissement des boulons précontraints.

- Les boulons injectés ne nécessitent aucune préparation particulière des plats assemblés.

- Comme la résine remplit complètement la cavité, aucune corrosion interne n'est possible.

Désavantages

- Un petit trou doit être pratiqué dans la tête du boulon. La rondelle sous la tête du boulon doit être chanfreinée du côté intérieur tandis que la rondelle située sous l'écrou doit être entaillée pour permettre une évacuation d'air.

- La préparation de la résine et l'injection prend du temps.

- Les trous doivent être secs avant injection. Il faut donc s'arranger pour qu'il en soit ainsi.

- Sauf précautions particulières préalables, il est difficile de démonter le boulon après la prise de la résine.

Coûts

- Aux Pays-Bas, les boulons à injecter sont disponibles en stock. Si on ne dispose pas de ces boulons, il convient alors d'adapter des boulons classiques, ce qui peut être réalisé en atelier.

- L'équipement d'injection est peu coûteux et la quantité de résine injectée est réduite. Le temps de mise en place d'un boulon varie de 1 à 2 minutes.

- Les boulons injectés permettent de réduire le nombre de boulons dans l'assemblage et, par conséquent, le nombre de trous à forer. De plus, la possibilité de réaliser des jeux plus importants au niveau des trous de boulons peut faciliter le montage et donc réduire les coûts associés.

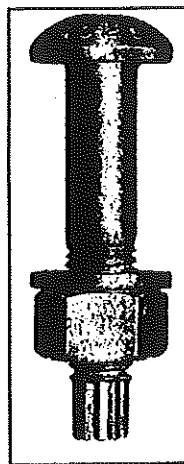
Des exemples d'application concrets de boulons injectés, les règles de calcul conformes à l'Eurocode 3, des indications quant à la mise en oeuvre des boulons injectés ainsi qu'à la détermination des propriétés de la résine sont fournies dans une publication récente de la CECM [6].

3. BOULONS A SYSTEME ORIGINAL DE MISE EN PRECONTRAINTE

3.1 Boulons "TC"

Les boulons "TC" ("TC" pour Tension Control) sont constitués:

- d'une tête bombée;
- d'une tige partiellement filetée au bout de laquelle se trouve un embout crénelé (crénélures parallèles au fût du boulon). L'embout et la tige sont séparées par une gorge de section calibrée;
- une rondelle et un écrou.

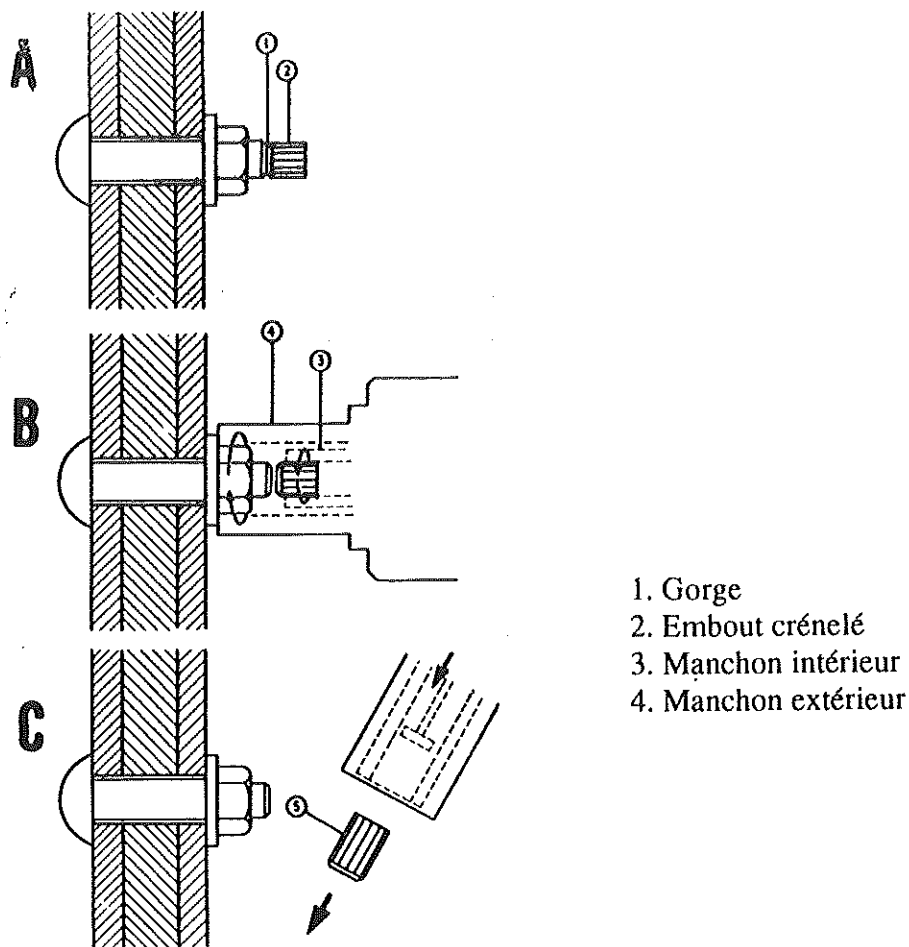


L'installation du boulon "TC" s'effectue en trois étapes à l'aide d'un pistolet spécial:

- *Etape A:* le boulon est mis en place, sans préserrage, de manière tout-à-fait classique.
- *Etape B:* le pistolet, qui possède deux manchons, est ensuite mis en position. Le manchon extérieur s'applique sur l'écrou tandis que le manchon intérieur enserre l'embout crénelé. Par l'intermédiaire du manchon extérieur, une rotation est alors appliquée à l'écrou, tandis que toute rotation de la tige du boulon est empêchée par le manchon intérieur. La gorge est ainsi soumise à un effort de torsion.
- *Etape C:* La section de gorge est calibrée de manière telle qu'elle se rompt, sous l'effet de la torsion, lorsque l'effort de préserrage désiré est atteint dans la tige du boulon. L'embout est enfin éjecté du pistolet.

Ces étapes sont illustrées à la page suivante.

L'avantage du boulon "TC" réside dans sa facilité de montage. Sa mise en place est rapide et ne requiert aucune calibration du pistolet d'installation. A l'inverse du boulon Huck décrit en 3.2, il autorise un resserrage éventuel du boulon, si nécessaire. Les essais réalisés tentent toutefois à mettre en évidence une dispersion assez grande des précontraintes induites dans les tiges.



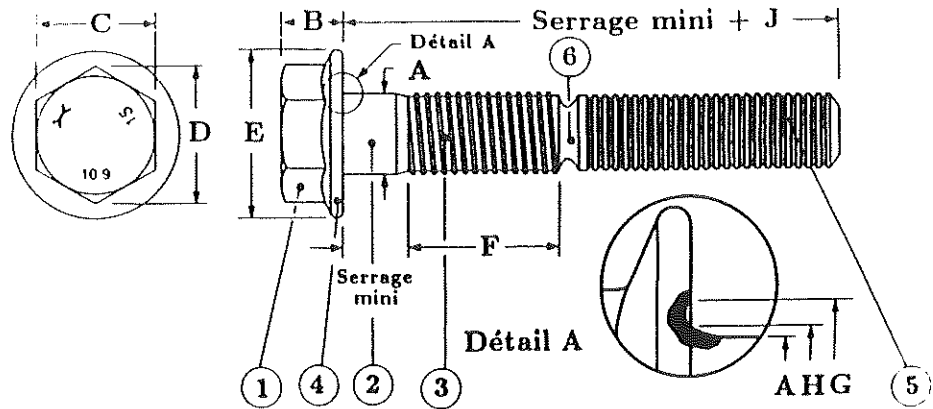
3.2 Boulons sertis Huck-Fit

De manière générale, les boulons sertis sont constitués de deux pièces distinctes: une tige, munie d'une tête, et une bague. Lors de la mise en oeuvre, la bague est sertie sur la tige et elle vient alors constituer la tête seconde du dispositif. Pour que la liaison entre les deux éléments assemblés soit résistante et durable, des cannelures sont prévues dans la zone de sertissage de la tige.

Plus précisément, les différentes parties que présentent ces boulons sont:

- la tête hexagonale (repère 1);
- la partie lisse (repère 2), toujours présente. Sa valeur correspond au diamètre nominal du boulon;
- la partie dite "filetée" de la tige (repère 3) sur laquelle sera sertie la bague. Ce filetage, qui n'est en fait qu'une cannelure hélicoïdale, permet un vissage de la bague avant sertissage, mais également un dévissage de la bague sertie. Sa longueur est constante pour toutes les tiges d'un même diamètre;
- l'embase large (repère 4). Elle permet une bonne répartition des efforts sous la tête et elle évite l'emploi de rondelles;
- la queue de traction (repère 5). C'est la partie sur laquelle viennent s'agripper les mors de l'outil de sertissage;

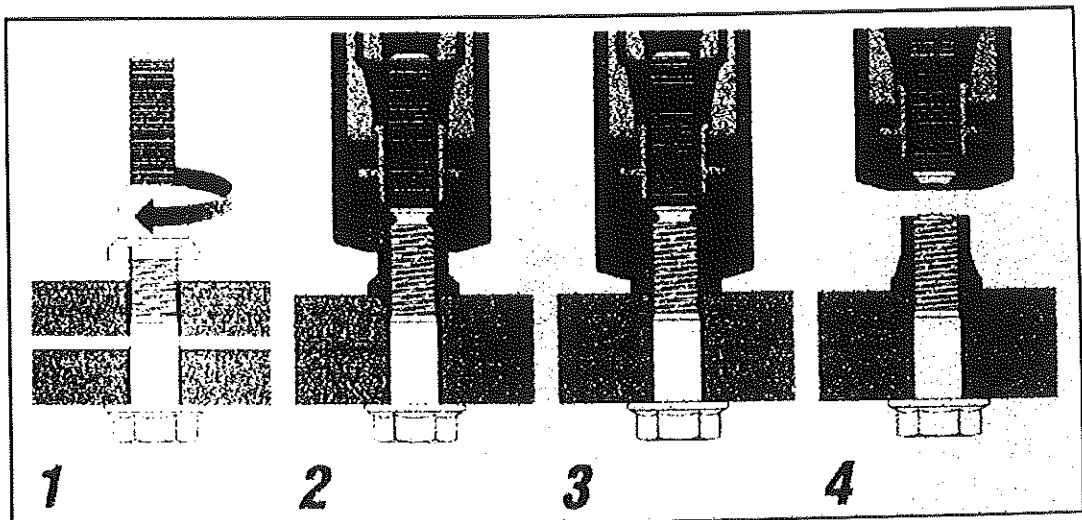
- la gorge de rupture (repère 6). Elle fonctionne comme un fusible lors de la pose. Elle est calibrée pour ne casser qu'après le sertissage complet de la bague.



La mise en oeuvre des boulons Huck-Fit s'effectue par sertissage de la bague sur la tige à l'aide d'un pistolet hydraulique spécial muni d'une bouterolle (ou nez de pose) adaptée à chaque boulon; la bouterolle présentant un diamètre intérieur inférieur au diamètre extérieur de la bague.

La mise en oeuvre des boulons Huck-Fit comporte quatre étapes:

- 1) La tige est disposée dans le trou puis est vissée sur les cannelures hélicoïdales.
- 2) Le pistolet de pose est engagé jusqu'à ce que la bouterolle vienne en contact avec la bague. En actionnant la gâchette du pistolet, les mors auto-serreurs se referment sur les groupes d'accrochage de la queue de traction. La tige est ensuite tirée vers l'intérieur de la bouterolle.
- 3) La traction sur la tige augmentant, la bague se déforme sous l'action de la bouterolle en subissant une sorte de *matriçage à froid*. Elle vient se serrer dans les cannelures hélicoïdales. Sous l'action de la traction de la tige et de l'allongement de la bague pendant le laminage, le boulon est précontraint.
- 4) La traction augmentant encore, la tige se rompt au droit de la gorge de rupture. La queue est alors éjectée du pistolet et l'opération est terminée.



L'acier utilisé pour les tiges est de qualité 10.9 au sens de la normalisation ISO. La rupture de la queue de traction est calibrée de manière telle que le sertissage soit complet et que la précontrainte dans le boulon soit conforme à la valeur requise par les normes en vigueur.

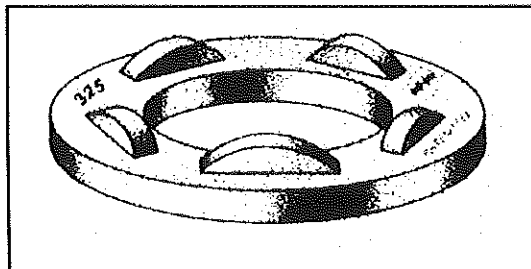
Des informations complémentaires relatives à la mise en oeuvre des boulons Huck-Fit, à leur comportement structural au sein des assemblages élémentaires et à leur calcul sont fournies en [7].

Les boulons Huck-Fit constituent des organes d'assemblages présentés comme étant capables de garantir un niveau de sécurité au moins comparable à celui que procurent les boulons HR 10.9 à serrage contrôlé tout en conservant un prix attractif dû à la rapidité de leur mise en oeuvre.

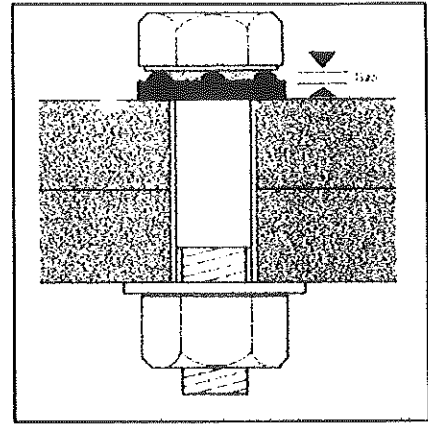
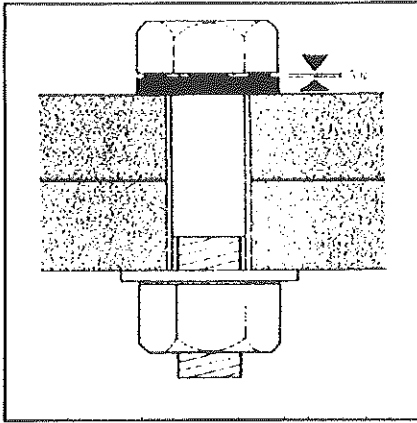
L'impossibilité d'installer la précontrainte en deux étapes (dont l'intérêt a été mis en évidence au cours d'un des exposés précédents relatif à la mise en oeuvre des boulons) se doit d'être toutefois spécifiée.

Enfin, il convient de noter que des essais de comportement en fatigue, des mesures de la stabilité de la précontrainte et de l'influence d'une mauvaise planéité des plaques assemblées ainsi que des études d'assemblages par platine d'extrémité sont en cours d'achèvement et devraient venir compléter les données déjà disponibles.

3.3 Boulons à indicateur de précontrainte



Dans les pays anglo-saxons, le contrôle de la précontrainte appliquée dans les boulons lors de leur mise en oeuvre ne se fait pas à l'aide de l'outil de serrage, comme cela est courant sur le continent européen. Ce contrôle se fait par l'intermédiaire d'un dispositif inséré directement dans le boulon. Il s'agit d'une rondelle munie de saillies calibrées avec précision et qui s'écrasent sous l'effet de l'effort de précontrainte exercé dans la vis. Il suffit alors d'une jauge d'épaisseur glissée dans l'espace résiduel entre les saillies pour contrôler si la précontrainte voulue est atteinte. Ces rondelles sont beaucoup plus connues sous leur vocable anglais D.T.I. (Direct Tension Indicator) et des statistiques récentes montrent que 70 % des boulons à haute résistance utilisés dans le monde entier sont munis de ce dispositif de contrôle.



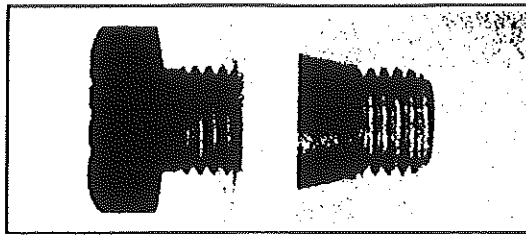
Ce produit n'est toutefois pas encore utilisé dans nos pays car il n'a pas été soumis à tous les essais nécessaires pour prouver qu'il est d'un emploi sûr et fiable, dans le cadre de nos pratiques. Si des essais d'aptitude montraient son bon comportement, il est évident que le gain de temps qu'il procure lors de la mise en oeuvre des boulons favoriserait son implantation sur le marché.

Une étude des D.T.I. est prévue, dans le cadre de la biennale de recherches 1995-1996, au sein de la Section Construction Métallique du CRIF.

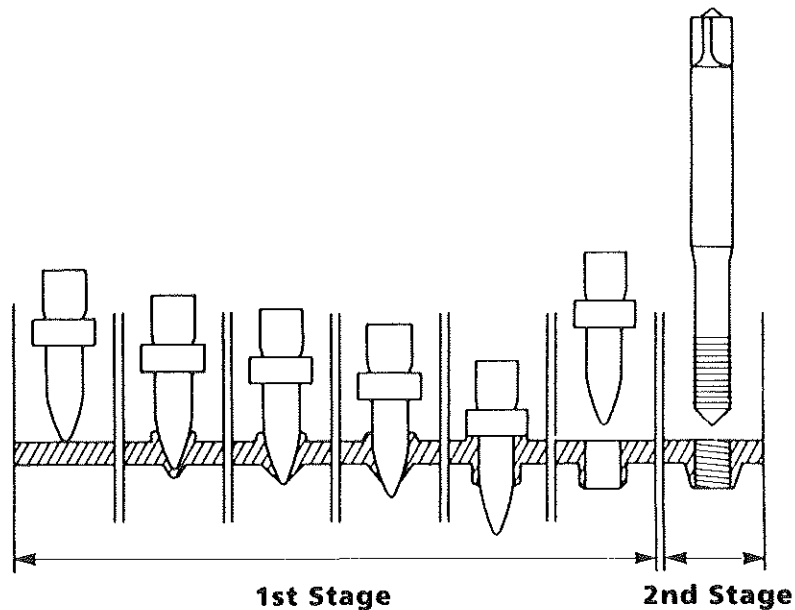
4. BOULONS "AVEUGLES"

Suite au développement considérable de l'emploi de profils creux et de panneaux "sandwich" dans la construction, le boulonnage dit "aveugle" représente maintenant, une partie très importante des réalisations d'assemblage sur chantier. Ce procédé consiste à placer un boulon ou un moyen d'assemblage similaire, mais non une vis, en effectuant toutes les opérations du même côté de la connexion.

4.1 "Flowdrill"



Le "flowdrill" est un procédé de forage thermique qui permet de réaliser un trou dans une paroi métallique sans perte de matière comparable à celle liée à un procédé classique de forage. Le trou ainsi réalisé est fileté à l'aide d'un outil approprié; ce trou fileté est susceptible de recevoir tout boulon standard entièrement fileté.



Le trou initial est réalisé à l'aide d'un poinçon au tungstène muni d'un adaptateur qui permet son montage dans une foreuse classique de puissance et vitesse de rotation suffisantes. Le poinçon est mis en contact avec la paroi où il génère la chaleur nécessaire au "ramollissement" de l'acier. Le poinçon est alors enfoncé dans la paroi faisant ainsi s'écouler l'acier jusqu'à créer une excroissance cylindrique à la face opposée de la paroi. L'excroissance ainsi constituée peut finalement être filetée.

A l'heure actuelle, l'application du "Flowdrill" est recommandée pour des parois dont l'épaisseur n'excède pas 12,5 mm.

L'utilisation de boulons filetés sur toute leur longueur procure l'ensemble des avantages cités en 2.2.

D'autre part, dans le cadre de son utilisation en vue de la réalisation d'assemblages à des profilés tubulaires de section rectangulaire, le "Flowdrill":

- réduit les coûts de fabrication liés au soudage de plats (ou d'autres éléments) sur la face du tube;
- permet de standardiser les types d'assemblages;
- conduit à des assemblages esthétiques.

Au niveau du calcul, des vérifications supplémentaires s'imposent; elles concernent notamment la pression diamétrale sur la paroi, l'arrachement du boulon sous effort de traction et l'effet combiné de cet effort de traction et de l'effort de compression éventuel dans le plan de la paroi sur la résistance de cette dernière. Des recommandations relatives à ces différents points sont fournies en [8]. Elles s'appliquent à des assemblages poutre-colonne rotulés. Des études sont actuellement en cours pour permettre l'extension des règles de calcul disponibles au cas des assemblages qui travaillent en flexion.

4.2 Goujons filetés

La technique du goujonnage consiste, à l'aide d'un pistolet spécial, à souder des goujons filetés sur la face du profil sur lequel l'assemblage est réalisé. Elle est largement utilisée, depuis de nombreuses années, pour assurer la liaison acier-béton dans les poutres mixtes. Dans ce cas, les goujons transmettent essentiellement un effort rasant. Par contre, dans les assemblages poutre-colonne, par exemple, ils seront essentiellement soumis à traction et cisaillement combinés.

Deux techniques de soudage peuvent être utilisées pour la fixation de goujons filetés sur un plat support:

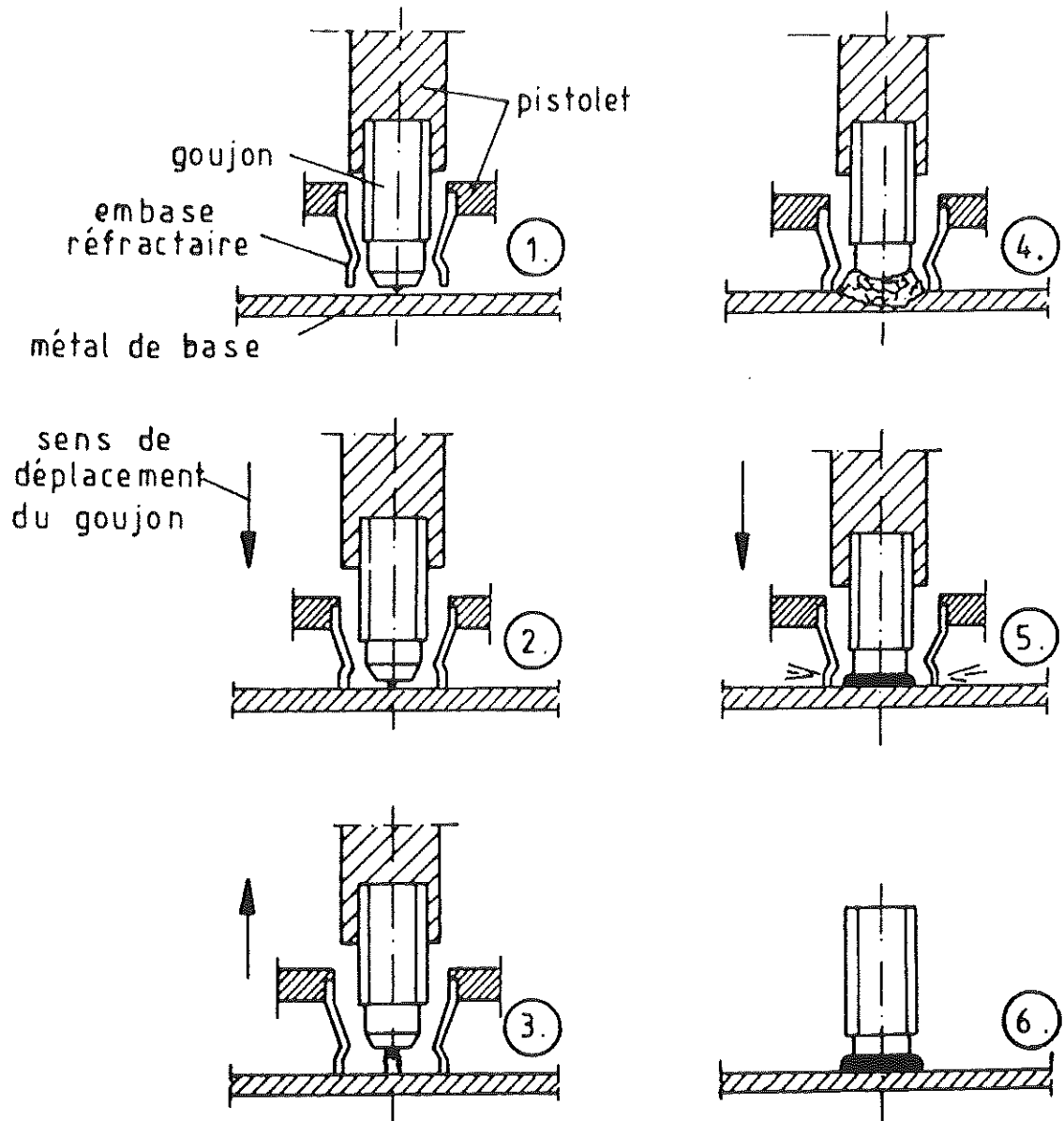
- le soudage par décharge de condensateur;
- le soudage à l'arc.

La puissance des appareils fonctionnant par décharge d'un condensateur ne permet pas de mettre en place des goujons d'un diamètre supérieur à 8 mm, ce qui est généralement insuffisant pour les assemblages envisagés. Seule la technique de soudage par fusion et forgeage (technique Arc) peut donc être envisagée.

Les phases successives du cycle de soudage par la "Technique Arc" sont les suivantes:

1. Le goujon fileté est introduit dans le mandrin situé à l'extrémité du pistolet à laquelle une embase réfractaire est elle-même fixée;
2. le pistolet est appuyé contre le métal de base par l'intermédiaire de l'embase réfractaire;
3. par pression sur la gâchette du pistolet, l'opérateur provoque la fermeture du circuit électrique, entraînant ainsi l'amorçage de l'arc pilote et la levée du goujon;
4. le fermeture du circuit de soudage, qui suit automatiquement la précédente, provoque l'amorçage de l'arc principal entraînant la fusion de l'extrémité du goujon et du métal de base;

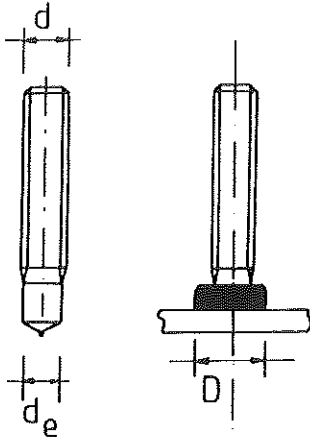
5. une fois le cycle achevé, le circuit de soudage est ouvert, le goujon est chassé dans la zone en fusion et la soudure a lieu par forgeage;
6. le goujon est soudé sur toute sa section.



A titre d'exemple, le temps moyen de soudage d'un goujon M10 en acier doux est de l'ordre de 10 secondes, tout compris; le cycle de soudage proprement dit n'intervient que pour 0,5 à 0,8 secondes.

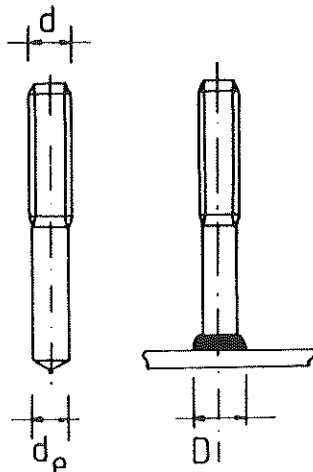
Trois types de goujons filetés sont couramment proposés par les fabricants:

Type 1.

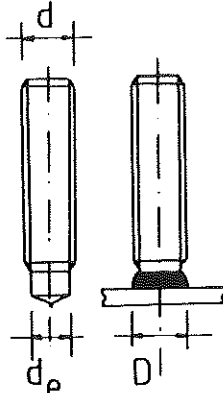


- *type 1*: goujon entièrement fileté, la partie à souder étant au diamètre moyen des flancs de filet;
- *type 2*: goujon partiellement fileté, la partie non filetée étant au diamètre moyen des flancs de filet;
- *type 3*: goujon fileté à base réduite. Après soudage, le bourrelet de soudure présente approximativement le même diamètre que la partie filetée.

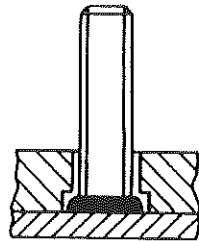
Type 2.



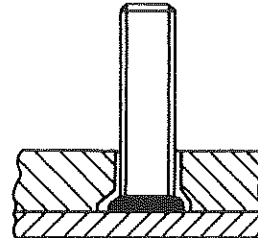
Type 3.



Pour les goujons des deux premiers types, les bourrelets qui se forment à leur embase ont un diamètre qui excède celui de la tige du goujon, ce qui exige de prendre quelques précautions lors de la fabrication de la contrepièce. La figure suivante présente les deux solutions pratiques les plus fréquemment rencontrées en pratique.



a . fraisage



b . chanfrein

Une étude menée il y a quelques années à l'Université de Liège a permis la mise au point d'une méthode de calcul des assemblages goujonnés qui s'écarte peu de celle utilisée pour les assemblages boulonnés [9]. Dans [9] sont également fournis des conseils et recommandations qui doivent permettre aux constructeurs métalliques de surmonter aisément les petites difficultés inhérentes à l'utilisation d'une nouvelle technique de fabrication.

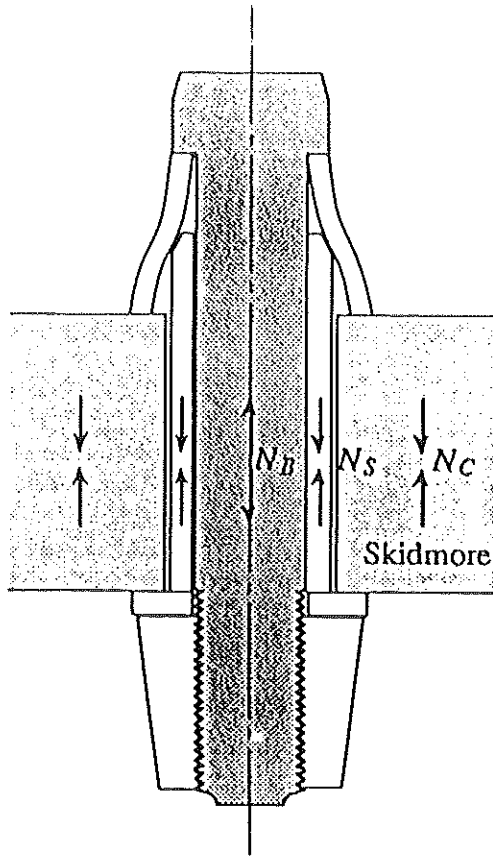
4.3 Boulons "aveugles" précontraints

Un assez grand nombre de produits dits "aveugles" et plusieurs systèmes de mise en oeuvre existent sur le marché; deux de ce produits on été présentés ci-dessus.

Malheureusement, les solutions actuelles ne permettent généralement pas d'introduire une précontrainte dans le moyen d'assemblage. Il s'agit pourtant d'un besoin très réel et même d'une nécessité lorsque les pièces assemblées sont soumises à des actions variables ou à des chocs (dans des wagons de chemin de fer, par exemple). Un nouveau système devrait dès lors être mis au point, les systèmes actuels ne pouvant être modifiés pour arriver à un résultat valable.

Certains fabricants de boulons ont quelques idées sur la conception d'un tel produit, mais les principes évoqués demandent encore une certaine adaptation et surtout, les produits qui seraient alors obtenus doivent faire l'objet de nombreux tests avant d'être éventuellement mis sur le marché.

Le boulon serti "aveugle" à haute résistance Huck-Lok représenté à la figure suivante est l'un de ces produits. Une proposition de recherche relative à ce nouveau boulon a été introduite par la Section Construction Métallique du CRIF pour les deux années à venir.



$$N_C = N_B - N_S$$

5. REFERENCES

1. E.V. GIRARDIER
"Fully Threaded Bolts"
Steel Construction, CBS, February 1992
2. J.L. WALLAERT and J.W. FISHER
"Shear Strength of High Strength Bolts"
Journal of the Structural Division, ASCE, 91, STE, June 1965
3. G.W. OWENS, P.J. DOWLING and R.J. ALGAR
"Bolted Connections : Bearing Stresses in Connections Using Grade 8.8 Bolts"
CESLIC Report BC3, Engineering Structures Laboratories
Civil Engineering Department, Imperial Collège - London, 1976.
4. Standard NF E 25-114 : "Vis à métaux - Tête hexagonale - Entièrement filetés - Grades A et B - Symbole H.
5. D.L. JOHNSON
"ASTM A 325 T - New Structural Bolt"
Fastener Technology, December 1982.
6. ECCS - Technical Committee 10
"European Recommendations for Bolted Connections with Injection Bolts"
Publication n°79, Convention Européenne de la Construction Métallique, 1994.
7. M. CZARNOMSKA, J.P. MUZEAU et P. RACHER
"Etude expérimentale comparative du comportement d'assemblages par boulons sertis Huck-Fit ou par boulons HR 10.9".
Construction Métallique, n°2, 1993.
8. British Steel Tubes and Pipes
"Flowdrill. Jointing with Hollow Sections", 1993.
P.O. Box 101, Corby, Northants NN17 5UA, U.K.
9. J. RONDAL et R. MAQUOI
"Assemblage de poutres et poteaux par goujons filetés"
Construction Métallique, n°2, 1985, pp. 21-32.