



Association de recherche sur  
les tuyaux en fonte ductile

**Résistance** et **durabilité** pour la **vie**<sup>MD</sup>

HYDRAULIQUE

# Analyse hydraulique des tuyaux en fonte ductile



Dernière révision :  
Janvier 2017

## Perte de charge

La perte de charge par friction ou chute de pression dans une conduite est une préoccupation de tous les jours pour l'ingénieur responsable de service public de distribution des eaux. Les calculs de perte de charge sont basés sur des équations développées par les ingénieurs hydrauliques qui réalisent de nombreux tests de débit sur les conduites de distribution d'eau en service. Plusieurs formules ont été développées par Darcy, Chezy, Cutter, Manning, Hazen-Williams et plusieurs autres. Parmi celles-ci, la formule développée par Hazen-Williams est la plus populaire.

Une forme commune de l'équation de Hazen-Williams est :

$$H_L = 1\,000 \left[ \frac{V}{0,115C(d)^{0,63}} \right]^{1,852} \quad \text{①}$$

où :

$H_L$  = Perte de charge (head loss) (pi/1 000 pi)

$V$  = Vitesse d'écoulement (pi/s)

$C$  = Coefficient de rugosité (facteur C)

$d$  = Diamètre intérieur réel (po)

### Facteur C

Pour qu'un tuyau ait des caractéristiques de débit satisfaisantes, il doit initialement avoir un coefficient de rugosité d'Hazen-Williams ou « facteur C » élevé et être en mesure de le maintenir élevé durant toute la durée de ses années de service. De nombreux essais de débit sur des tuyaux neufs et anciens de fonte grise et de fonte ductile avec revêtement intérieur en mortier de ciment ont été réalisés pour déterminer si l'utilisation d'un tel revêtement répondait à ces exigences. Il a été observé que la valeur moyenne du facteur C d'un tuyau neuf était de 144 alors que celle des vieux systèmes était de 140. Par conséquent, un facteur C de 140 pour la fonte ductile est une valeur réaliste à long terme. Une valeur qui a été démontrée dans des systèmes réels actuellement en service.

### Tuyaux lisses

En ce qui concerne un écoulement laminaire, la friction ne dépend que du nombre de Reynolds (qui est fonction de la vitesse, du diamètre intérieur du tuyau et de la viscosité cinématique du liquide en mouvement). Il est intéressant de noter que la rugosité de la paroi du tuyau n'est pas prise en compte. Lors d'un écoulement laminaire, le liquide semble couler en plusieurs couches, les unes sur les autres. En raison de la viscosité du liquide, une contrainte de cisaillement est créée entre les couches de liquide. Le liquide perd de l'énergie en surmontant la force frictionnelle produite par la contrainte de cisaillement, et non en raison de la friction exercée au niveau de la paroi du tuyau.

En ce qui concerne la turbulence d'un liquide dans des tuyaux circulaires, il y a formation d'une couche d'écoulement laminaire appelée sous-couche laminaire adjacente à la paroi du tuyau. Si cette sous-couche laminaire est plus épaisse que la rugosité de la paroi du tuyau, l'écoulement est « hydrauliquement lisse » et le tuyau a atteint le degré maximal en matière d'efficacité hydraulique. Des essais en laboratoire ont été réalisés sur un tuyau en fonte ductile avec revêtement intérieur en mortier de ciment aux limites extrêmes des vitesses de service normalement recommandées, soit 2 pi/s et 10 pi/s. Les résultats des essais ont rapporté des coefficients d'Hazen-Williams variant de 150 à 157. Lorsque ces résultats de laboratoire ont été inscrits sur le diagramme de Moody, les points relevés étaient généralement conformes à la courbe des « tuyaux lisses ». Ceci démontre que malgré les affirmations de supériorité des coefficients de rugosité d'autres types de tuyau, aucun de ceux-ci n'est plus lisse en réalité que les tuyaux en fonte ductile. Le fait de suggérer qu'un tuyau « plus lisse » est disponible dépasse les principes de l'hydrodynamique.

## Tuyaux en fonte ductile

Le tuyau de fonte ductile conçu conformément à la norme C150/A21.50 avec revêtement intérieur en mortier de ciment standard a un diamètre intérieur supérieur à celui des autres types de tuyau et offre la même surface lisse pour la circulation de l'eau potable ou des eaux usées. Ainsi, pour un débit et un diamètre nominal donné, un tuyau en fonte ductile avec revêtement intérieur en mortier de ciment de catégorie de pression minimale connaît en général une moins grande perte de charge qu'une conduite fabriquée dans un autre matériau. Autrement dit, une moins grande énergie est consommée pour surmonter les pertes de charge lors du pompage dans un tuyau en fonte ductile que dans tout autre type de tuyau régulièrement spécifié. En tenant compte de cette différence, l'utilisation de tuyaux en fonte ductile peut donc générer des économies considérables.

## Économie d'ingénierie : coûts de pompage et conduites équivalentes

L'une des façons de prendre conscience des économies possibles qu'offre l'utilisation d'un tuyau en fonte ductile est de tenir compte des coûts de pompage. Ces coûts sont proportionnels à la quantité d'eau pompée de même qu'à la perte de charge. Par conséquent, un coût de pompage annuel peut être déterminé pour chaque type de tuyau. La différence se traduira par les économies réalisées par l'utilisation d'un tuyau en fonte ductile par rapport aux autres matériaux de substitution. Mais surtout, la valeur actualisée des économies annuelles projetées, indexée en fonction de l'inflation, peut être calculée pour la durée de vie d'une conduite. *La valeur actualisée de ces économies annuelles devrait être prise en compte lors de la comparaison des prix de différentes conduites.*

Une autre façon de prendre conscience des économies possibles qu'offre le diamètre intérieur de dimension supérieure du tuyau en fonte ductile est de tenir compte des pertes de charge équivalentes dans la conduite. Pour qu'une conduite fabriquée dans un autre matériau que la fonte ductile puisse avoir une faible perte de charge, elle devra avoir un plus grand diamètre sur une portion du projet. La portion restante de la conduite devra être composée de sections de tuyau d'un diamètre supérieur. À l'inverse, une conduite en fonte ductile peut être conçue de manière à produire la même perte de charge qu'une conduite construite dans un autre matériau. Toutefois, la conduite de fonte ductile ne sera composée que de tuyaux du diamètre nominal choisi pour une partie de sa longueur, le reste étant composé de sections de tuyau d'un diamètre inférieur. *L'une ou l'autre des approches équivalentes se traduira par des coûts de pompage annuels égaux. Cependant, la première méthode aura pour résultat un coût initial supérieur pour le tuyau de substitution alors que la seconde méthode reflétera des économies des coûts initiaux pour une conduite en fonte ductile.*

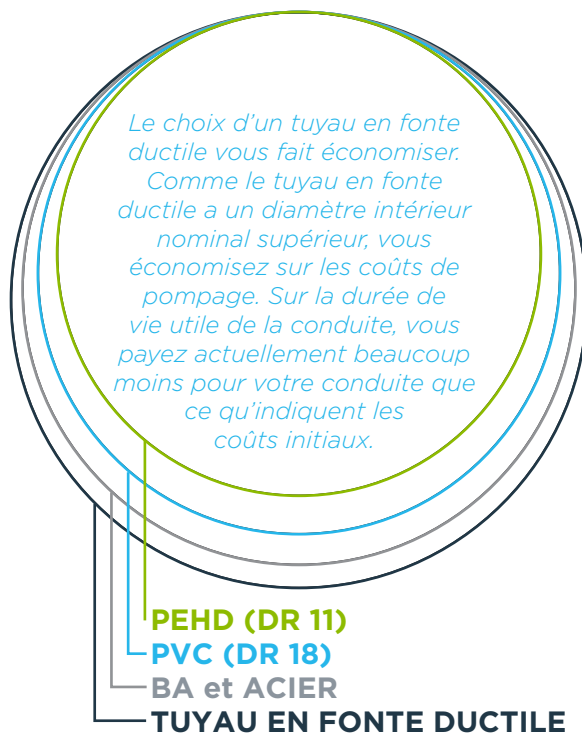
De telles analyses permettent à l'ingénieur d'infrastructures publiques de fournir une valeur *ajoutée* au projet en s'assurant que les besoins du service sont satisfaits tout en économisant l'énergie ou en réduisant le coût des travaux par l'utilisation de tuyaux en fonte ductile. Les pages qui suivent offrent une présentation détaillée de ces analyses.

## Diamètre intérieur par rapport au coefficient de rugosité

Si nous examinons une fois de plus l'équation de Hazen-Williams (équation 1), il est clair que plus le diamètre intérieur du tuyau sera grand, moins grande sera la perte de charge pour l'eau pompée dans la conduite. On suppose que les produits de rechange ont le même coefficient de rugosité. Mais quel est le facteur ayant le plus d'influence : les changements de diamètre intérieur ou le coefficient de rugosité?

La meilleure façon d'analyser l'effet combiné des changements de diamètre intérieur et ceux du coefficient de rugosité est d'utiliser des données réelles tirées de différents types de tuyau. Tout d'abord, nous devons créer un tableau indiquant les diamètres intérieurs des différents types de tuyau qui peuvent faire partie de la conception d'un projet : tuyau en fonte ductile, PVC (C900 et C905), acier, béton-acier (BA) et polyéthylène (PEHD).

### Comparaison des diamètres intérieurs réels de tuyau de 24 po - Échelle 1/8 po = 1 po



**TABLEAU 1**  
**Comparaison des diamètres intérieurs réels (po)**  
**des différents types de matériaux pour les**  
**systèmes d'adduction et de distribution d'eau**

Diamètre nominal (po)	Fonte DUCTILE <sup>1</sup>	BÉTON <sup>2</sup>	ACIER <sup>3</sup>	PVC <sup>4</sup>	PEHD <sup>5</sup>
6	6,28	-	6,00	6,09	5,57
8	8,43	-	8,00	7,98	7,31
10	10,46	-	10,00	9,79	8,96
12	12,52	-	12,00	11,65	10,66
14	14,55	-	14,00	13,50	12,35
16	16,61	16,00	16,00	15,35	14,05
18	18,69	18,00	18,00	17,20	15,74
20	20,75	20,00	20,00	19,06	17,44
24	24,95	24,00	24,00	22,76	20,83
30	31,07	30,00	30,00	28,77	25,83
36	37,29	36,00	36,00	34,43	32,29
42	43,43	42,00	42,00	40,73	38,41
48	49,63	48,00	48,00	46,49	44,47
54	56,29	54,00	54,00	-	51,34
60	60,28	60,00	60,00	-	-
64	64,30	-	-	-	-

- (1) Selon la norme AWWA C150, tableau 5, utilisant l'épaisseur de paroi nominale de la classe de pression la plus faible disponible avec le revêtement intérieur en mortier de ciment standard C104.
- (2) Selon la norme AWWA C301 - les DI se basent sur les diamètres nominaux d'un tuyau en béton précontraint.
- (3) Selon l'information fournie par le fabricant - les DI se basent sur les diamètres nominaux dans la fabrication régulière de tuyaux en acier.
- (4) Diamètres extérieurs équivalents de tuyau en fonte. Diamètres de 6 à 12 po selon la norme AWWA C900, et les diamètres de 14 à 18 po selon la norme AWWA C905, utilisant les DE et l'épaisseur de paroi minimale plus une tolérance de 1/2 de l'épaisseur de la paroi. DR 18 pour les diamètres de 6 à 24 po, DR 21 pour les diamètres de 30 à 36 po et DR 25 pour les diamètres de 42 à 48 po
- (5) Selon la norme AWWA C906, utilisant des diamètres extérieurs moyens équivalents aux tuyaux en fonte ductile et l'épaisseur de paroi moyenne. DR 11 pour les diamètres de 6 à 30 po, DR 13.5 pour 36 po, DR 15.5 pour 42 po, DR 17 pour 48 po et DR 21 pour 54 po.

Maintenant, dans le tableau 2, nous pouvons indiquer les facteurs C recommandés\* par les industries respectives des différents types de tuyaux :

**TABLEAU 2**  
**Coefficients de rugosité (facteurs C) des**  
**conduites pour les systèmes d'adduction et**  
**de distribution d'eau**

Fonte ductile	140*
Béton	140
Acier	140
PVC	150
PEHD	155

\*La valeur C=140 du tuyau en fonte ductile a été démontrée dans des systèmes réels en service.

Enfin, si nous prenons comme exemple une conduite d'adduction d'eau d'un diamètre nominal de 24 po (600 mm) ayant 10 000 pieds de long dans lequel l'eau coule à un débit de 4 000 g/min, nous pouvons constater les effets relatifs des facteurs C et des diamètres intérieurs réels. Les résultats figurent dans le tableau 3.

**TABLEAU 3**  
**Comparaison de perte de charge des différents**  
**matériaux-Diamètre nominal de 24 po**

Matériau de tuyau	Facteur C	Débit (gal/min)	Diamètre intérieur réel (po)	Vitesse d'écoulement (pi/s)	Perte de charge (pi)
Fonte ductile (PC200)	140	4 000	24,95	2,62	8,15
Béton	140	4 000	24,00	2,84	9,85
Acier	140	4 000	24,00	2,84	9,85
PVC (DR 18)	150	4 000	22,76	3,15	11,22
PEHD (DR 11)	155	4 000	20,83	3,77	16,26

Les résultats de notre analyse montrent que le diamètre intérieur a un effet plus important sur la perte de charge que le caractère lisse de la surface intérieure du tuyau. Dans notre exemple, les pertes de charge des autres matériaux étaient de 20,9 % à 99,5 % supérieures à celle du tuyau en fonte ductile.

Nous concluons donc que le diamètre intérieur du tuyau est le critère régissant la variation des pertes de charge dans les systèmes de tuyauterie modernes. Plus le diamètre intérieur est grand, pour un débit et une taille nominale donnés, plus la perte de charge est faible.

## Coûts de pompage

Le coût de pompage d'une conduite donnée peut être influencé par la perte de charge, l'efficacité de la pompe et le coût de l'alimentation électrique, comme le montre l'équation suivante :

$$CP = 1,65 H_L Q \frac{a}{E} \quad 2$$

où :

CP = Coût de pompage (\$/an basé sur une pompe en service 24 h sur 24/1 000 pi)

$H_L$  = Perte de charge (head loss) (pi /1 000 pi)

Q = Débit (gal US/min)

a = Coût unitaire de l'électricité (\$/kWh)

E = Efficacité totale du système de pompe (%/100)

La vitesse est liée au débit par l'équation :

$$V = \frac{Q}{2,448d^2} \quad 3$$

où :

Q = Débit (gal US/min)

V = Vitesse (pi/s)

d = Diamètre intérieur réel (po)

## Économies d'énergie

Pour calculer la valeur actualisée des économies annuelles réalisées lors du pompage dans des tuyaux de fonte ductile, suivez ces étapes simples :

1. Convertissez le débit en gallons US par minute :  
 $Q$  (gal US/min) =  $Q$  (mgd) x 694,4  
 $Q$  (gal US/min) =  $Q$  (pi<sup>3</sup>/s) x 448,8  
 $Q$  (gal US/min) = 2,448  $Vd^2$
2. Calculez la vitesse (V) d'écoulement pour chaque matériau des conduites à l'aide des diamètres intérieurs réels et de l'équation 3. Les diamètres intérieurs réels de chaque matériau des conduites pris en compte figurent au tableau 1.
3. Calculez les pertes de charge ( $H_L$ ) pour chaque type de matériau pris en compte à l'aide de l'équation 1.
4. Calculez le coût de pompage (CP) par 1 000 pieds pour chaque matériau à l'aide de l'équation 2. Utilisez des valeurs connues ou estimées pour « a » et « E ».
5. Multipliez le CP par la longueur de la conduite, divisé par 1 000 pieds.
6. Multipliez le résultat de l'étape 5 par la fraction du temps de service quotidien de la pompe.

7. Prenez la différence des coûts de pompage de l'étape 6 pour obtenir les économies annuelles (EA) réalisées avec un tuyau en fonte ductile
8. Calculez la valeur actualisée (VA) des économies annuelles redressées en fonction de l'inflation à l'aide de l'équation appropriée ci-dessous :

Lorsque  $r \neq g$  :

$$VA = EA \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad 4$$

$$i = \frac{r - g}{1 + g} \quad 5$$

Lorsque  $r = g$  :

$$VA = EA(n) \quad 6$$

où :

VA = Valeur actualisée des économies annuelles en coûts de pompage (\$)

EA = Économies annuelles en coûts de pompage (\$)

n = Durée de vie nominale de la conduite (années)

i = Taux d'investissement annuel effectif, tenant compte de l'inflation, (%/100)

r = Taux annuel de retour sur le capital investi Initialement (%/100)

g = Taux d'inflation (croissance) des coûts d'alimentation électrique (%/100)

## Exemple de problème

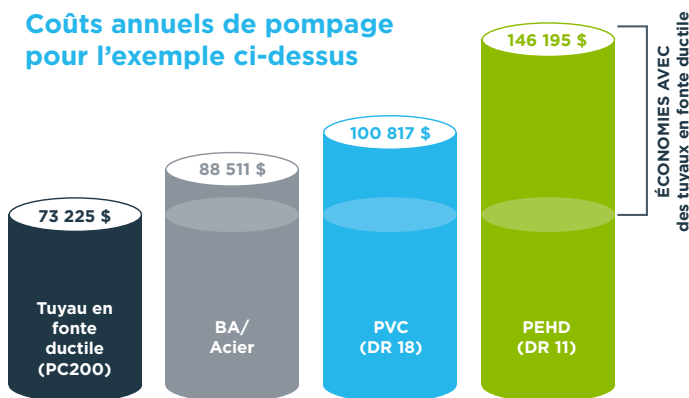
Étant donné une conduite de 24 pouces de diamètre  
Longueur de la conduite de 30 000 pieds  
Débit de conception de 6 000 gal US/min  
Coût unitaire d'électricité de 0,10 \$/kWh  
Efficacité de pompage de 70 %  
La pompe fonctionne 24 heures sur 24  
Durée de vie nominale de 50 ans  
Taux désiré de retour sur le capital initial investi de 5 %  
Taux annuel d'inflation de 3 % pour les coûts d'électricité

Étape no	Fonte ductile	Béton/ Acier	PVC (DR 18)	PEHD (DR 11)
1. Q (gal/min)	6 000	6 000	6 000	6 000
2. V (pi/s)	3,94	4,26	4,73	5,65
3. H <sub>L</sub> (pi/1 000 pi)	1,73	2,09	2,38	3,45
4. CP (\$/an/1 000 pi)	2 441 \$	2 950 \$	3 361 \$	4 873 \$
5. CP (\$/an/pipeline)	73 225 \$	88 511 \$	100 817 \$	146 195 \$
6. identique à 5				
7. EA (avec fonte ductile)		15 286 \$	27 592 \$	72 970 \$
8. VA		672 178 \$	1 213 307 \$	3 208 741 \$

Remarque : Les valeurs ci-dessus ont toutes été générées par ordinateur, puis arrondies; par conséquent, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser des chiffres plus précis que ceux montrés pour obtenir ces valeurs.

Sur la base des coûts de pompage seuls, l'utilisation de tuyaux en fonte ductile vous fait économiser de l'argent chaque année. Les montants montrés ici se basent sur une seule conduite. Dans l'exemple ci-dessus, les économies annuelles réalisées avec des tuyaux de fonte ductile sont de 15 826 \$ par comparaison à des tuyaux en béton et en acier; de 27 592 \$ par comparaison au PVC et de 72 970 \$ par comparaison au PEHD. En installant des tuyaux en fonte ductile sur l'ensemble de votre réseau, vous pourriez réaliser d'énormes économies en coûts d'exploitation durant la vie utile de celui-ci.

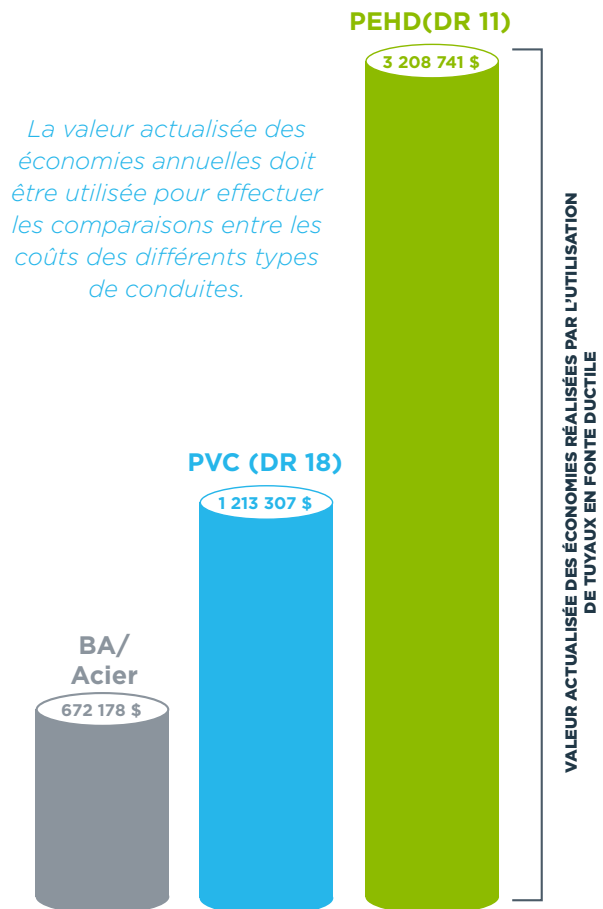
### Coûts annuels de pompage pour l'exemple ci-dessus



Les économies annuelles (EA) représentent les dollars supplémentaires dépensés annuellement pour pomper l'eau ou les eaux usées dans les tuyaux fabriqués avec d'autres matériaux. Ces dollars ramenés à la valeur actualisée (VA) montrent le montant d'argent qui doit être investi dès maintenant pour payer ces coûts de pompage supplémentaires durant la vie utile de la conduite. Le montant de la valeur actualisée doit être déduit du coût d'investissement initial du tuyau en fonte ductile avant de comparer les soumissions avec d'autres matériaux.

Dans l'exemple montré, les coûts de pompage supplémentaires du tuyau en PVC sont de 27 592 \$ par an. Sur une période de 100 ans, cela correspond à une valeur actualisée de 1 213 307 \$ — soient les coûts cachés de l'utilisation de tuyaux en PVC. Pour une conduite de 30 000 pieds, cela signifie que vous pourriez justifier de réduire de 40,44 \$ le coût d'achat par pied d'une conduite en fonte ductile de 24 po de classe de pression 200 par comparaison à un tuyau en PVC. Le tuyau en fonte ductile peut être réduit de 22,41 \$ par pied, lorsque comparé à un tuyau en béton ou en acier, et de 106,96 \$ par pied par comparaison à un tuyau en PEHD.

### Valeur actualisée des économies annuelles projetées par l'utilisation d'un tuyau de fonte ductile de 24 po et de classe de pression 200 par rapport aux autres matériaux



La valeur actualisée des économies annuelles doit être utilisée pour effectuer les comparaisons entre les coûts des différents types de conduites.

Sur la base de l'exemple précédent, vous trouverez ici la justification de la dépense supplémentaire pour des tuyaux en fonte ductile par rapport aux tuyaux en d'autres matériaux. Cela signifie que vous obtiendriez un produit supérieur pour le même montant (ou un montant inférieur) dépensé pour un autre type de conduite.

## Conduites équivalentes

L'analyse de l'économie d'énergie tient compte des coûts de pompage annuels supplémentaires associés à la sélection d'un matériau autre que la fonte ductile en supposant que les deux conduites ont le même diamètre nominal. Il est possible de réduire les pertes de charge dans une conduite d'un autre matériau en augmentant le diamètre des conduites sur une portion du projet. Ainsi, une conduite de fonte ductile de 24 po serait comparée à une conduite de 24 et 30 po dans un autre matériau, avec des sections combinées permettant d'obtenir une perte de charge totale égale à celle de la conduite de 24 po en fonte ductile. Cela augmenterait le coût de la conduite dans un autre matériau. Sinon, la conduite en fonte ductile peut être conçue pour avoir la même perte de charge supérieure que celle d'une conduite dans un autre matériau. De cette façon, la conduite en fonte ductile se composerait de sections de 20 et 24 po ainsi la perte de charge combinée serait augmentée à celle du tuyau de 24 po de diamètre dans un autre matériau. Cela aurait pour résultat de réduire les coûts d'investissement de la solution de rechange en fonte ductile.

Pour augmenter la taille d'une portion d'une conduite construite dans un autre matériau :

$$S_{LS} = L \left[ \frac{H_D - H_S}{H_{LS} - H_S} \right] \quad 7$$

Pour réduire la taille d'une portion de la solution de rechange en fonte ductile :

$$S_{SD} = L \left[ \frac{H_S - H_D}{H_{SD} - H_D} \right] \quad 8$$

où :

$S_{LS}$  = Longueur du tuyau de substitution de diamètre supérieur exigée en pieds

$L$  = Longueur totale de la conduite en pieds

$H_D$  = Perte de charge en pieds par 1 000 pieds de tuyau en fonte ductile

$H_S$  = Perte de charge en pieds par 1 000 pieds de tuyau dans un autre matériau

$H_{LS}$  = Perte de charge en pieds par 1 000 pieds de tuyau de diamètre supérieur dans un autre matériau

$S_{SD}$  = Longueur du tuyau en fonte ductile de diamètre inférieur exigée en pieds

$H_{SD}$  = Perte de charge en pieds par 1 000 pieds de tuyau de fonte ductile de diamètre inférieur.

## Exemple

À l'aide de l'équation 7, pour augmenter la taille de la conduite construite dans un matériau de substitution afin qu'elle corresponde à la perte de charge d'une conduite en fonte ductile, nous concluons que les cinq conduites suivantes sont hydrauliquement équivalentes :

- 30 000 pieds de tuyau de fonte ductile de 24 po et de classe de pression 200
- 22 201 pieds de tuyau de 24 po en béton et 7 799 pieds de tuyau en béton **de 30 po**
- 13 991 pieds de tuyau de 24 po en acier et 16 009 pieds de tuyau **de 26 po** en acier
- 17 366 pieds de tuyau de 24 po DR 18 en PVC et 12 634 pieds de tuyau de **30 po** DR 18 en PVC
- 6 959 pieds de tuyau de 24 po DR 11 en PEDH et 23 041 pieds de tuyau de **30 po** DR 11 en PEDH

À l'aide de l'équation 8, pour réduire la taille de la conduite construite en fonte ductile afin qu'elle corresponde à la perte de charge plus élevée d'une conduite construite dans un autre matériau, nous concluons que les conduites suivantes sont équivalentes :

### Fonte ductile par rapport au béton ou à l'acier

30 000 pieds de tuyau de 24 po en béton ou en acier, 25 706 pieds de tuyau en fonte ductile de classe de pression 200 et 4 294 pieds de tuyau en fonte ductile de 20 po et classe de pression 250

### Fonte ductile par rapport au PVC

30 000 pieds de tuyau de 24 po DR 18 en PVC, 22 229 pieds de tuyau en fonte ductile de classe de pression 200 et 7 771 pieds de tuyau en fonte ductile de 20 po et classe de pression 250

### Fonte ductile par rapport au PEHD

30 000 pieds de tuyau de 24 po DR 11 en PEHD, 9 477 pieds de tuyau en fonte ductile de classe de pression 200 et 20 523 pieds de tuyau en fonte ductile de 20 po et classe de pression 250

*En utilisant les théories de conduites équivalentes, vous pouvez réaliser des économies immédiates par l'utilisation d'un tuyau en fonte ductile. Étant donné que le tuyau de fonte ductile génère une perte de charge plus faible, les conduites construites dans un autre matériau exigeraient des tuyaux de diamètre supérieur sur des portions de votre projet pour obtenir une perte de charge équivalente. Ou encore, une portion de la conduite en fonte ductile pourrait être composée de tuyaux de plus faible diamètre pour accroître la perte de charge de manière à ce qu'elle soit équivalente à celle d'une conduite construite dans l'autre matériau.*

### **Ingénierie de valeur**

Nous pouvons maintenant comparer les trois coûts suivants : la valeur actualisée des économies annuelles en coûts de pompage réalisées en effectuant le choix de la fonte ductile par rapport à un matériau de substitution appliquée comme déduction au tuyau de fonte ductile; le coût supplémentaire associé à l'augmentation du diamètre d'une portion de la conduite construite dans le matériau de substitution pour réduire sa perte de charge afin qu'elle soit comparable à celle du tuyau de fonte ductile; et la diminution des coûts associée à la réduction du diamètre d'une portion de la conduite en fonte ductile pour augmenter sa perte de charge afin qu'elle soit comparable à celle d'une conduite construite dans un matériau de substitution. D'un point de vue économique, ces coûts sont directement comparables.

### **Conclusion**

L'ajout de la fonte ductile comme solution de rechange dans les projets donne à l'ingénieur la possibilité d'utiliser un produit supérieur au même coût. L'économie réalisée lors du pompage dans des diamètres intérieurs supérieurs des tuyaux en fonte ductile offre un avantage certain aux responsables des services publics. Que cette économie soit appliquée aux coûts de pompage annuels ou aux économies de capital d'investissement obtenues lors de l'analyse des conduites équivalentes

Pour simplifier l'exécution de ces analyses, DIPRA a mis au point un calculateur gratuit sur Web : Analyse hydraulique des tuyaux en fonte ductile. Pour utiliser gratuitement cette ressource, visitez notre site Web (<http://www.dipra.org/ductile-iron-pipe-resources/calculators>). Veuillez contacter votre ingénieur régional de DIPRA pour plus de détails sur les calculs de perte de charge.



# Pour plus d'information, contactez DIPRA ou l'un de ses membres.

## DIPRA

Une association de fabricants de tuyaux de fonte ductile qui s'engage à maintenir un programme de recherche continu et une offre de services aux professionnels en distribution d'eau potable et d'eaux usées, contribuant ainsi aux plus hautes normes de qualité.

P.O. Box 190306  
Birmingham, AL 35219  
Tél. 205 402.8700  
[www.dipra.org](http://www.dipra.org)

## Réseaux sociaux

Tenez-vous au courant des dernières actualités sur les tuyaux de fonte ductile en nous suivant sur Facebook, Twitter, et LinkedIn.

Visitez notre site Web à [www.dipra.org/videos](http://www.dipra.org/videos) et cliquez sur l'icône YouTube pour y trouver des vidéos d'information sur la simplicité d'emploi, la résistance et la durabilité, de même que sur les avantages des tuyaux en fonte ductile par rapport à ceux en PVC.



## Membres

AMERICAN Ductile Iron Pipe  
P.O. Box 2727  
Birmingham, Alabama 35202-2727

Canada Pipe Company, Ltd.  
55 Frid St. Unit #1  
Hamilton, Ontario L8P 4M3 Canada

McWane Ductile  
P.O. Box 6001  
Coshocton, Ohio 43812-6001

United States Pipe and Foundry Company  
Two Chase Corporate Drive  
Suite 200  
Birmingham, Alabama 35244

Le tuyau de fonte ductile  SMART certified