II. VERIFICATION DE L'APPROCHE THEORIQUE

II.1. Introduction

Après avoir exposé, dans le chapitre précédent, notre approche théorique, la présente partie de l'étude se propose de vérifier cette approche par :

- des mesures expérimentales effectuées dans le laboratoire *Larhyss* de l'université de *Biskra*. Ces mesures ont été obtenues à partir d'essais qui ont concerné 5 conduites circulaires de diamètre intérieur respectif 49 mm, 56 mm, 86 mm, 124 mm et 130 mm. Les résultats des essais sont regroupés dans les tableaux A13 à A17 en annexe.
- des résultats de calculs effectués par *Dupont* (1988). Ces résultats, regroupés dans les tableaux A22 à A41 en annexe, présentent les valeurs du gradient de la perte de charge J obtenues par application combinée des relations de *Darcy – Weisbach* et de *Colebrook – White* et qui concernent 20 conduites circulaires en charge de diamètres différents.

Notre démarche consiste ainsi en une vérification numérique des relations théoriques que nous avons proposées sur la base des résultats obtenus par le laboratoire *Larhyss* (2002) et de ceux de *Dupont* (1988). Cette vérification est faite sur les valeurs des diamètres des conduites et répondant ainsi à un besoin de dimensionnement.

II.2. Vérification numérique des diamètres des conduites

II.2.1. Etude comparative aux données du laboratoire *Larhyss*

Cette partie de l'étude vise à vérifier et à comparer les valeurs réelles et calculées du diamètre D pour l'ensemble des conduites testées. Cette vérification a concerné tous les régimes d'écoulement observés et c'est ainsi que pour :

1. Le régime d'écoulement turbulent rugueux, le diamètre D_r calculé ou théorique répond à la relation $D_r = 1{,}539\Lambda$, où la longueur Λ peut être évaluée par la relation implicite :

$$\frac{Q}{\sqrt{J}} = \frac{2^{2,8}\sqrt{J}}{D_{h0}^{0,15}}\Lambda^{5/2}\log\left(3{,}7D_{h0}\frac{\Lambda}{\varepsilon}\right) \tag{213}$$

Nous rappelons que dans cette dernière relation, le paramètre de dimension D_{h0} est tel que :

$$D_{h0} = P_1^{0,245}/A_1^{0,623} = 1{,}539$$

La longueur Λ peut également être évaluée par la relation explicite suivante, sous la condition $\Lambda/\varepsilon \geq 50$:

$$\frac{\Lambda}{\varepsilon} = 0{,}4115\varphi^{0,3814} \tag{229}$$

En tenant compte des valeurs mesurées des paramètres Q, J et ε, le diamètre D_r a été calculé par les relations précédemment indiquées. Ce diamètre D_r a été enfin comparé au diamètre réel D de la conduite testée. Cette comparaison, figurant sur les tableaux A13, A14 et A16 en annexe, a permis de conclure que tous les diamètres calculés, selon cette démarche, correspondent assez bien aux diamètres réels des conduites testées.

Les valeurs calculées des coefficients de transition λ sont très proches de l'unité et ceci a permis de confirmer que le régime d'écoulement était bien turbulent rugueux. Cependant, une légère correction a été opérée sur les diamètres calculés, en écrivant que D (réel) = λ D (calculé).

Les tableaux 6 et 7 montrent respectivement les écarts relatifs entre les diamètres calculés par les relations théoriques (213) et (229), et les diamètres réels pour la conduite de diamètre 49 mm, pour une gamme de débit comprise entre 3,67 l/s et 8,88 l/s.

Tableau 6 : Ecarts sur D calculés par la relation (213)

$\Delta D/D$ (%)	0,019	0,021	0,018	0,023	0,026	0,017	0,015	0,015	0,014
$\Delta D/D$ (%)	0,015	0,017	0,013	0,019	0,012	0,01	0,012	0,012	0,012
$\Delta D/D$ (%)	0,012	0,011	0,013	0,012	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013
$\Delta D/D$ (%)	0,011	0,01	0,01	0,01	0,01	0,009	0,009	0,011	

Tableau 7 : Ecarts sur D calculés par la relation (229)

$\Delta D/D$ (%)	1,18	0,85	1,24	0,43	0,09	0,92	1,21	1,16	1,36
$\Delta D/D$ (%)	0,92	0,48	1,14	0,20	1,4	1,97	1,28	1,28	1,27
$\Delta D/D$ (%)	1,09	1,28	0,71	0,89	0,47	0,55	0,48	0,56	0,54
$\Delta D/D$ (%)	0,77	1,04	0,98	1,15	1,11	1,28	1,36	0,69	

2. Le régime de transition, la vérification numérique a concerné les conduites de diamètre D = 49 mm, 56 mm et 130 mm. Les résultats les plus significatifs sont ceux obtenus sur la conduite de diamètre D = 130 mm, compte tenu de la large gamme des débits utilisés 14 l/s $\leq Q \leq$ 44 l/s.

Les diamètres calculés ont obtenus par application de la relation :

$$\boldsymbol{D\ (calcul\acute{e},\ r\acute{e}gime\ de\ transition) = \lambda\, D_r\ (calcul\acute{e},\ r\acute{e}gime\ turbulent\ rugueux)}$$

Pour l'ensemble des conduites concernées par l'écoulement en régime de transition, les diamètres calculés et corrigés sont regroupés dans les tableaux A13, A14 et A17 en annexe.

La vérification numérique des diamètres des conduites testées a consisté à comparer les diamètres calculés et réels de ces mêmes conduites. Les tableaux 8 et 9 montrent les écarts relatifs issus de cette comparaison, pour le seul cas du diamètre D = 130 mm.

Tableau 8 : Ecarts relatifs sur les diamètres calculés (relation 213)
et réels en régime de transition

ΔD/D (%)	0,036	0,039	0,041	0,041	0,037	0,079	0,069	0,046	0,087
ΔD/D (%)	0,042	0,045	0,043	0,05	0,047	0,042	0,049	0,055	0,064
ΔD/D (%)	0,074	0,086	0,085	0,071	0,071	0,066	0,065	0,063	0,068
ΔD/D (%)	0,072	0,076	0,086	0,087	0,097	0,096	0,101	0,096	

Tableau 9 : Ecarts relatifs sur les diamètres calculés (relation 229)
et réels en régime de transition

ΔD/D (%)	0,71	0,9	0,97	0,98	0,93	1,09	1,12	1,09	1,02
ΔD/D (%)	1,06	1,10	1,11	1,12	1,12	1,11	1,12	1,1	1,04
ΔD/D (%)	0,95	0,82	0,84	0,95	0,94	0,97	0,96	0,97	0,.89
ΔD/D (%)	0,82	0,77	0,63	0,59	0,45	0,44	0,36	0,41	

On peut ainsi constater que l'écart maximal observé sur l'estimation du diamètre réel de la conduite, par application de la relation implicite (213), ne dépasse guère 0,1%. Cet écart est très acceptable. Il reflète la fiabilité de la relation théorique établie pour le calcul de la dimension linéaire *D*. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que notre développement théorique s'est appuyé sur la combinaison des relations de *Nikuradse* et de *Darcy-Weisbach* dont l'application mène en règle générale, selon la bibliographie, à de bons résultats lorsqu'il s'agit de conduites circulaires en charge.

De même, l'application de la relation explicite (229) mène à un écart maximal de 1,12 % sur l'estimation du diamètre réel de la conduite, ce qui confirme que cette relation constitue une excellente approximation à la formule implicite (213).

Pour mieux apprécier la fiabilité de la relation (213), nous avons comparé les écarts relatifs sur le diamètre calculé, obtenus par application de cette relation à ceux calculés par la méthode *Larhyss* (2002).

Tableau 10 : Ecarts relatifs sur les diamètres calculés et réels en régime
de transition, sur la base des données expérimentales du laboratoire *Larhyss*

ΔD/*D* (%)	0,8	0,5	0,38	0,29	0,43	1,46	1,16	0,21	1,98
ΔD/*D* (%)	0,04	0,28	0,64	0,54	0,39	0,43	0,86	1,2	1,75
ΔD/*D* (%)	2,26	2,89	2,8	2,28	2,3	2,15	2,2	2,15	2,54
ΔD/*D* (%)	2,83	3,05	3,6	3,7	4,23	4,23	4,5	4,3	

Nous pouvons ainsi constater que l'application de la méthode *Larhyss* aux conduites circulaires en charge mène à des écarts relatifs nettement supérieurs à ceux obtenus lors de l'application de notre approche. Cette différence nette des écarts relatifs s'explique par le fait que la méthode *larhyss* repose sur la formule de *Strickler* dont l'application conduit à des résultats entachés d'erreurs lorsqu'il s'agit de conduites circulaires. La bibliographie indique en effet que la formule de S*trickler* ne donne de bons résultats que lorsqu'elle est appliquée aux canaux ouverts.

En régime de transition, nous pouvons aussi évaluer l'erreur relative maximale commise lors de l'estimation du diamètre de la conduite considérée. Les diamètres sont calculés, dans le cas de ce régime d'écoulement, par la relation $D = \lambda D_r$.

Avec : $D_r = 1{,}539 \Lambda$

et $\lambda = \left(\frac{f}{f_r} \right)^{1/5}$

Nous rappelons que la longueur Λ répond à la relation implicite :

$$\frac{Q}{\sqrt{J}} = \frac{2^{2,8}\sqrt{J}}{D_{h0}^{0,15}} \Lambda^{5/2} \log\left(3{,}7 D_{h0} \frac{\Lambda}{\varepsilon}\right) \tag{213}$$

et que le coefficient de frottement *f* est évalué par la relation de *Achour* (1997,2002) :

$$f^{-1/2} = -2\log\left[\frac{\varepsilon/D_h}{3{,}7} + \frac{4{,}5}{R}\log\left(\frac{R}{6{,}97}\right)\right]$$

Ou R est le nombre de *Reynolds* qui s'exprime : $R = (4Q)/(\pi D \nu)$

Le coefficient de frottement f_r , dans l'hypothèse du régime d'écoulement turbulent rugueux, est donné par la relation de *Nikuradse* :

$$f_r^{-1/2} = -2\log\left(\frac{\varepsilon/D_h}{3{,}7}\right)$$

En vertu du théorème des erreurs relatives, ces dernières relations permettent d'écrire respectivement:

$$\frac{\Delta D_r}{D_r} = \frac{\Delta \Lambda}{\Lambda}$$

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{1}{5}\frac{\Delta f}{f}$$

Avec, en vertu de la relation (213) :

$$\frac{\Delta\Lambda}{\Lambda} = \left(\frac{\Delta Q}{Q} + \frac{1}{2}\frac{\Delta J}{J} - \frac{\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}}{2{,}3\log\left(3{,}7 D_{h0}\frac{\Lambda}{\varepsilon}\right)} \right)\left(\frac{5}{2} + \frac{1}{2{,}3\log\left(3{,}7 D_{h0}\frac{\Lambda}{\varepsilon}\right)} \right)^{-1}$$

L'erreur relative $\Delta f / f$ a été déterminée en vertu de la relation de *Darcy-Weisbach* :

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta J}{J} + 2\frac{\Delta Q}{Q}$$

Soit donc :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}=\frac{1}{5}\left[\frac{\Delta J}{J}+2\frac{\Delta Q}{Q}\right]$$

Finalement on peut remarquer que l'erreur relative commise sue l'estimation du diamètre réel de la conduite dépend de celles commises sur l'estimation du gradient de perte de charge J, du débit volume Q et de la rugosité absolue ε.

Comme nous l'avons indiquées dans le troisième chapitre de la première partie, les plus petites valeurs des paramètres J, Q et ε , rencontrées au cours de l'expérimentation (*Larhyss* et *Gali*, 2002) pour la conduite de diamètre égale à 130 mm, sont respectivement J = 0,01333333, Q = 14,8 l/s et $\varepsilon = 2{,}2.10^{-5}$m. Cette dernière valeur montre clairement que l'erreur relative commise sur l'estimation de ε est insignifiante et nous pouvons écrire que :

$$\frac{\Delta\Lambda}{\Lambda}=\left(\frac{\Delta Q}{Q}+\frac{1}{2}\frac{\Delta J}{J}\right)\left(\frac{5}{2}+\frac{1}{2{,}3\log\left(3{,}7D_{h0}\dfrac{\Lambda}{\varepsilon}\right)}\right)^{-1}$$

Nous avons vu aussi, dans le même chapitre, que $\Delta J/J$=5% et $\Delta Q/Q$=3,38%.

La valeur de Λ/ε qui corresponde aux paramètres Q et J cités ci-dessus est égale à 205,23. Pour le cas d'une conduite circulaire en charge, le paramètre de dimension du diamètre hydraulique D_{h0} est égale à 1,539.

En tenant compte de ces considérations, l'erreur relative maximale commise sur l'évaluation du Λ est donc :

$$\frac{\Delta\Lambda}{\Lambda}=\left(0{,}0338+\frac{1}{2}0{,}05\right)\left(\frac{5}{2}+\frac{1}{2{,}3\log(3{,}7.1{,}539.205{,}23)}\right)^{-1}=2{,}23\%$$

Par conséquent l'erreur relative maximale commise sur l'évaluation du diamètre D_r est :

$$\frac{\Delta D_r}{D_r}=\frac{\Delta\Lambda}{\Lambda}=2{,}23\%$$

L'écart maximal observé sur l'estimation du diamètre D réel de la conduite testée est également lié à celui commis sur l'évaluation du facteur de correction de la dimension linéaire λ. En effet, $D = \lambda D_r$ implique que :

$$\Delta D/D = \Delta\lambda/\lambda + \Delta D_r/D_r$$

En considérant les valeurs maximales observées $\Delta J/J$ = 5 % et $\Delta Q/Q$ = 3,38 %, la relation qui exprime l'erreur relative sur l'estimation de λ permet d'écrire que :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}=\frac{1}{5}(0{,}05+2\times0{,}0338)\approx2{,}35\%$$

Ainsi :

$$\frac{\Delta D}{D}=\frac{\Delta\lambda}{\lambda}+\frac{\Delta D_r}{D_r}=2,35+2,23=4,58\%$$

C'est ainsi que se justifie amplement l'erreur relative maximale expérimentale sur l'évaluation du diamètre réel D pour le cas de la conduite de 130mm de diamètre, $(\Delta D/D)_{max.}$ = 0,101% où le diamètre D est calculé par la relation (213). De même, l'application de la relation (229) mène à une erreur relative maximale acceptable, puisque $(\Delta D/D)_{max}$ =1,12%.

3. Le régime d'écoulement pratiquement lisse, la vérification numérique a concerné le diamètre D = 86 mm pour la large gamme de débits 5,7 l/s ≤ Q ≤ 30 l/s.

L'objectif de l'étude a été de comparer les diamètres calculés, en vertu de la méthode préconisée au cours du développement théorique, et le diamètre réel D = 86 mm de la conduite testée.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 3 de la première partie, le calcul du diamètre de la conduite repose sur la détermination du facteur de correction de la dimension linéaire ψ, applicable au régime d'écoulement pratiquement lisse.

L'évaluation du coefficient ψ a nécessité dans un premier temps le calcul du coefficient de frottement f_r dans l'hypothèse d'un régime turbulent rugueux. Ce régime d'écoulement est supposé se produire dans la conduite hypothétique ou fictive de rugosité relative arbitrairement choisie ε/D_r=8,5.10^{-3}. Selon la relation de *Nikuradse* la valeur de f_r correspondant à cette rugosité relative est f_r = 0,0359.

L'évaluation du coefficient ψ a nécessité dans un second temps le calcul du coefficient de frottement f caractérisant l'écoulement pratiquement lisse se produisant dans la conduite réelle testée. Ce coefficient de frottement f peut être évalué par application de la formule de *Achour* (1997) :

$$f^{-1/2}=-2\log\left[\frac{4,5}{R}\log\left(\frac{R}{6,97}\right)\right]$$

Ainsi, et pour chacun des débits utilisés, le coefficient de correction ψ répond à la relation :

$$\psi=\left(\frac{f}{0,0359}\right)^{1/5}$$

Le diamètre réel calculé a été obtenu par la correction du diamètre de la conduite hypothétique véhiculant un écoulement en régime turbulent rugueux, selon la relation :

$$\boldsymbol{D\ (\text{réel non normalisé}) = \psi\, D_r\ (\text{conduite hypothétique})}$$

Le diamètre de la conduite hypothétique est évalué, par la relation suivante, en tenant compte des valeurs mesurés des débits Q et du gradient de la perte de charge J :

$$D_r\,(\textit{conduite hypothétique})=1,539\Lambda$$

Avec : $$\frac{Q}{\sqrt{J}}=\frac{2^{2,8}\sqrt{J}}{D_{h0}^{0,15}}\Lambda^{5/2}\log\left(3,7D_{h0}\frac{\Lambda}{\varepsilon}\right)$$

Puisque $D_h=\Lambda D_{h0}$, il ressort que :

$$\frac{Q}{\sqrt{J}}=\frac{2^{2,8}\sqrt{J}}{D_{h0}^{0,15}}\Lambda^{5/2}\log\left(\frac{3,7}{\varepsilon/D_h}\right)$$

Ou bien : $$\Lambda=\left[\frac{Q}{\sqrt{gJ}}\frac{1}{\log\left(\frac{3,7}{\varepsilon/D_h}\right)}\frac{D_{h0}^{0,15}}{2^{2,8}}\right]^{2/5}$$

Par conséquent : $$D_r=1,539\left[\frac{Q}{\sqrt{gJ}}\frac{1}{\log\left(\frac{3,7}{\varepsilon/D_h}\right)}\frac{D_{h0}^{0,15}}{2^{2,8}}\right]^{2/5}$$

Sachant que pour la conduite circulaire pleine $D_{h0}=1,539$ et que $\varepsilon/D_h = 8,5.10^{-3}$, le diamètre D_r peut simplement s'écrire :

$$D_r\ (conduite\ hypothétique)=\frac{1}{2}\left(\frac{Q}{\sqrt{gJ}}\right)^{2/5}$$

En vertu du théorème des erreurs relatives, l'erreur commise sur le calcul du diamètre D_r est donc :

$$\frac{\Delta D_r}{D_r}=\frac{2}{5}\left(\frac{\Delta Q}{Q}+\frac{1}{2}\frac{\Delta J}{J}\right)$$

Nous avons vu aussi dans le chapitre 3 de la première partie que : $\Delta Q/Q$ = 8,77 % et $\Delta J/J$ = 6,67%.

L'erreur relative maximale affectant le calcul du diamètre D_r est donc :

$$\frac{\Delta D_r}{D_r}=\frac{2}{5}\left(0,0877+\frac{1}{2}0,0667\right)=4,84\%$$

L'erreur relative commise sur le calcul du diamètre réel de la conduite s'obtient en écrivant que :

$$\Delta D/D = \Delta\psi/\psi + \Delta D_r/D_r$$

Comme dans le cas du coefficient de correction λ, l'erreur relative engendrée sur le calcul du coefficient ψ s'écrit :

$$\frac{\Delta\psi}{\psi}=\frac{1}{5}\frac{\Delta f}{f}$$

avec :
$$\frac{\Delta f}{f}=\frac{\Delta J}{J}+2\frac{\Delta Q}{Q}$$

soit :
$$\frac{\Delta \psi}{\psi}=\frac{1}{5}\left(\frac{\Delta J}{J}+2\frac{\Delta Q}{Q}\right)$$

Cette dernière relation conduit à écrire que :

$$\frac{\Delta \psi}{\psi}=\frac{1}{5}(0,0667+2\times 0,0877)= 4,84\%$$

L'erreur relative occasionnée sur le calcul du diamètre réel de la conduite est donc :

$$\frac{\Delta D}{D}=4,84+4,84=9,68\%$$

Il est à noter que les mesures expérimentales sont entachées d'une erreur relative qui demeure dans tous les cas en deçà de l'erreur maximale. Ces mesures montrent que l'erreur relative maximale issue du calcul et de la mesure des diamètres de la conduite testée est égale à 8,37% (voir tableau A15 en annexe). Ceci permet de conclure, à la fiabilité de la démarche théorique proposée.

Tous les résultats de calcul sont regroupés dans les tableaux A13 à A17 figurants en annexe.

Afin d'examiner l'influence de la rugosité absolue ε sur le calcul du diamètre D de la conduite, nous avons suggéré de refaire la vérification précédente en utilisant pour chaque conduite une rugosité moyenne ε_{moy}. Les résultats de nos calculs sont regroupés dans les tableaux A18 à A21 figurants en annexe.

En considérant les valeurs regroupées dans le tableau 11, nous pouvons constater que l'idée d'affecter aux conduites une valeur moyenne de la rugosité absolue, n'influe que très peu sur la valeur calculée du diamètre D. En effet, les écarts relatifs maxima restent dans tous les cas dans des limites très acceptables.

Tableau 11: $(\Delta D/D)_{max}$ en fonction de ε_{moy}

D (m)	49	56	**124**	130
ε_{moy} (m)	$5,5.10^{-4}$	$3,8.10^{-4}$	$2,9.10^{-4}$	$1,1.10^{-4}$
$(\Delta D/D)_{max}$ (%)	3,9	2,21	1,82	5,34

II.2.2. Etude comparative aux données de *Dupont*

Etant donné le nombre important des valeurs calculées par *Dupont* (1988), seul le régime d'écoulement turbulent rugueux a été considéré dans cette partie de notre étude. Les valeurs tabulées de *Dupont* (1988) constituent une sérieuse base de données pouvant permettre la vérification numérique de nos relations théoriques. Cette vérification a consisté à calculer le diamètre D des conduites considérées, correspondant aux divers gradients de la perte de charge J préconisés par *Dupont*. Ceux-ci ont été évalués par la combinaison des relations de *Darcy – Weisbach* et de C*olebrook – White*, dont on rappelle les expressions respectives :

$$J = \frac{f}{D_h}\frac{V^2}{2g} = \frac{8f}{g}\frac{Q^2}{\pi^2 D^5}$$

$$f^{-1/2} = -2\log\left(\frac{\varepsilon/D_h}{3,7} + \frac{2,51}{R\sqrt{f}}\right)$$

où R est le nombre de *Reynolds*.

Les données ayant servies à notre vérification sont le débit volume Q, le gradient de perte de charge J, la rugosité absolue ε et la viscosité cinématique du liquide en écoulement ν. Ces paramètres sont regroupés dans les tableaux de A22 à A41 figurants en annexe.

En outre, 20 diamètres ont fait l'objet d'une vérification et qui sont : 40 mm, 50 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm, 125 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm, 350 mm, 400 mm, 450 mm, 500 mm, 600 mm, 800 mm, 1000 mm, 1250 mm, 1500 mm et enfin 1750 mm. Les vitesses moyennes considérées ont été variées entre 0,01 m/s et 4 m/s, ce qui constitue une gamme suffisamment large.

Etant donné que seul le régime d'écoulement rugueux a été considéré, le diamètre théorique D recherché est tel que $D = D_r = \Lambda D_o$. Les paramètres Λ et D_o sont tels que :

$$\frac{Q}{\sqrt{J}} = \frac{2^{2,8}\sqrt{g}}{D_{h0}^{0,15}}\Lambda^{5/2}\log\left(3,7 D_{h0}\frac{\Lambda}{\varepsilon}\right)$$

$$D_{h0} = D_0 = P_1^{0,245}/A_1^{0,623} = 1,539$$

Pour chacune des valeurs de ces paramètres, le diamètre D a été calculé puis comparé au diamètre réel de toutes les conduites considérées. Les résultats sont consignés dans les tableaux A22 à A41 figurants en annexe. Il ressort de notre étude comparative que les diamètres calculés, selon les relations ci-dessus indiquées, correspondent assez bien aux diamètres réels. En effet, nous avons pu constater que l'écart maximal observé ne dépasse guère 0,57 %, pour l'ensemble des diamètres considérés. Ceci permet ainsi de confirmer la fiabilité de la relation implicite (213), tout au moins dans le régime d'écoulement turbulent rugueux considéré dans cette partie de notre étude.

Nous avons poursuivie l'étude comparative aux données fournies par *Dupont* (1988), en s'appuyant sur la relation explicite (229) pour le calcul théorique du diamètre *D*.

$$\frac{\Lambda}{\varepsilon}=0{,}4115\varphi^{0{,}3814} \qquad (229)$$

Le paramètre sans dimension φ est tel que $\varphi=\frac{Q}{\sqrt{gJ\varepsilon^5}}$ et nous rappelons que l'application de la relation (229) est tributaire de la condition $\frac{\Lambda}{\varepsilon}\geq 50$.

Le tableau 12 consigne les résultats de cette étude comparative en montrant en particulier les écarts relatifs maxima que peut impliquer l'application explicite de la relation (229). On peut ainsi constater que, compte tenu de la condition $\frac{\Lambda}{\varepsilon}\geq 50$**,** les écarts relatifs obtenus sur le diamètre *D* sont acceptables et permettent de conclure à la fiabilité de la relation (229).

Tableau 12 : Diamètres calculés par la relation (229) et comparés aux données de *Dupont* (1988)

$D_{réel}$ (mm)	φ	Λ/ε	Λ (m)	$D_{calculé}$ (mm)	$\Delta D/D$ (%)	$(\Delta D/D)_{max}$ (%)
40	7,43E+3	12,32	0,0246	37,9	5,47	5,64
50	1,36E+4	15,53	0,031	47,8	4,6	4,96
60	2,24E+4	18,76	0,0375	57,7	3,9	4,31
80	4,87E+4	25,23	0,0505	77,7	3,01	3,39
100	8,89E+4	31,74	0,0635	97,7	2,35	2,74
125	1,62E+5	39,87	0,0797	123	1,85	2,28
150	2,64E+5	48,06	0,0961	148	1,39	1,90
200	5,7E+5	64,48	0,129	198	0,77	1,18
250	1,04E+6	80,98	0,162	249	0,29	0,68
300	1,68E+6	97,4	0,195	298	0,065	0,31
350	2,53E+6	113,87	0,228	350,5	0,15	0,15
400	3,61E+6	130,32	0,261	401	0,29	0,45
450	4,93E+6	146,79	0,294	452	0,41	0,42
500	6,52E+6	163,3	0,327	503	0,53	0,56
600	1,06E+7	196,3	0,393	604	0,71	0,73
800	2,26E+7	262,22	0,524	807	0,89	0,90
1000	4,06E+7	327,87	0,656	1009	0,93	0,96
1250	7,29E+7	410,1	0,82	1262	0,99	1,00
1500	1,17E+8	491,9	0,984	1514	0,94	0,96
1750	1,76E+8	574,14	1,148	1767	0,99	1,00

II.3. Conclusion

Le chapitre précédent a eu pour objectif la vérification des relations issues du développement théorique destinées à l'évaluation du diamètre *D* d'une conduite circulaire pleinement occupée par l'écoulement. La vérification, numérique, a concerné aussi bien la relation implicite (213)

que la relation explicite (229) qui lui est associée. Afin d'affirmer ou d'infirmer la validité de ces relations, une étude comparative a été proposée. Celle-ci a consisté à comparer les diamètres calculés ou théoriques évalués par les relations (213) et (229) à ceux issus d'une part de l'application de la méthode préconisée par le laboratoire "*Larhyss*" (2002) et ceux calculés par *Dupont* (1988) d'autre part.

Les données du laboratoire *larhyss* sont issues d'essais expérimentaux obtenus sur 05 conduites circulaires en charge, englobant les régimes d'écoulement turbulent rugueux, de transition et pratiquement lisse. Les données fournies par *Dupon*t proviennent par contre d'un calcul itératif s'appuyant sur la combinaison des relations de *Darcy – Weisbach* et de *Colebrook – White*. Un échantillon de 20 conduites de diamètres pratiques divers a été considéré. L'étude comparative a clairement montré que les valeurs réduites des écarts relatifs commis sur l'évaluation du diamètre *D* ont permis de conclure à la fiabilité et à la validité des relations théoriques (213) et (229).