

hp 48gx calculatrice scientifique

applications hydrauliques

Remarques préliminaires

Outre sur la calculatrice HP48GX proprement dite, les applications hydrauliques tournent parfaitement sur les émulateurs HP48 suivants avec des vitesses d'exécution nettement accrues :

Emulateur **Emu48** pour PC Auteurs : Sébastien Carlier et Christoph Gießelink, disponible à l'adresse <http://www.hpcalc.org/>

Emulateur **m48+** pour iPad/iPhone Auteur : Markus Gonser, basé sur l'émulateur Emu48 et disponible dans l'Appstore

Pour installer les programmes, charger la Library 961 : HYDR et l'enregistrer dans un port, puis l'attacher. Sur demande, l'auteur peut modifier le numéro de librairie attribué. L'utilisateur de ces applications nécessite de bonnes connaissances du fonctionnement de la calculatrice HP48GX. Le transfert de données entre PC et iPad/iPhone se fait via la procédure **→ASC** (ASCII Encoding Objects), Copy Stack, **↔**, Paste Stack, **ASC→**.

Pour plus de questions, adressez-vous à l'auteur du site internet www.eauxpotables.com.

 Dans le souci d'améliorer constamment les programmes, merci de signaler toute erreur de programmation.





PIPE

PIPE MODELING 1.4

Auteur : Philippe Colbach, 1997-2016

Programme de calcul des pertes de charges dans une conduite d'eau sous pression.

MENU DE SAISIE DES PARAMÈTRES DE CALCUL

Touche	Opération	Arguments
DNmm	Saisit le diamètre nominal DN de la conduite exprimé en mm.	1: Diamètre DN ou inconnue 'X'
Lm	Saisit la longueur L de la conduite exprimée en m.	1: Longueur L ou inconnue 'X'
kbmm	Saisit la rugosité k_b de la conduite exprimée en mm.	1: Rugosité k_b ou inconnue 'X'
Ql/s	Saisit le débit Q transitant dans la conduite exprimé en l/s.	1: Débit Q en l/s ou inconnue 'X'
→l/s	Convertit un nombre exprimé en m ³ /h en l/s.	1: Débit Q en m ³ /h ou inconnue 'X'
'X'	Place l'inconnue 'X' dans la pile.	

MENU DE CALCUL DE LA PERTE DE CHARGE

Touche	Opération	Arguments
i	Affiche les données DN, L, k_b et Q.	
ΔZE	Place la fonction algébrique $\Delta ZE(DN, L, k_b, Q)$ dans la pile. Exécuter EVAL donne le résultat exprimé en mCE. Formule de calcul itérative de la perte de charge se basant sur les équations de Darcy-Weisbach et de Colebrook-White.	
SOLV	Résout une équation sans devoir indiquer ni le nom de la variable inconnue ni une supposition initiale. Nota : L'inconnue doit <i>obligatoirement</i> être 'X'.	1: Equation
→m ³ /h	Convertit un nombre exprimé en l/s en m ³ /h.	1: Débit Q en l/s
PREV	Retourne au menu de saisie des paramètres de calcul.	

Exemples

800 m DN100 en fonte ductile, rugosité de service 0,1 mm, débit de 40 m³/h :

100 DNmm 800 Lm 0,1 kbmm 40 →l/s Ql/s NXT ,

```

Pipe Parameters
DN: 100 mm
L: 800 m
kb: .1 mm
Q: 11.11 l/s

```

ΔZE EVAL donne une perte de charge de 17,95 mCE.

Plusieurs tronçons de conduites peuvent être assemblés pour la résolution d'une équation :

800 m DN100 en fonte ductile : 100 DNmm 800 Lm 0,1 kbmm 'X' →l/s Ql/s NXT ΔZE PREV ,

500 m DA110 en PEHD : 90 DNmm 500 Lm 0,04 kbmm NXT ΔZE + ,

Perte de charges imposée de 20 mCE : 20 ← 0 SOLV donne un débit de 29,77 m³/h.



MENU DE CALCUL DE LA PUISSANCE DES POMPES

Touche	Opération	Arguments
Ql/s	Saisit le débit transitant dans la conduite exprimé en l/s. Les données DN, L et k_b sont saisies dans le menu de saisie des paramètres de calcul.	1: Débit Q en l/s
Hgeom	Saisit la hauteur géodésique H_{geo} exprimée en m.	1: Hauteur géodésique H_{geo} en m
%	Saisit le rendement du couple moteur/pompe exprimé en %.	1: Rendement entre 0 et 100
i	Affiche les données DN, H_{geo} et η .	
NkW	Calcule la puissance du couple moteur-pompe exprimée en kW.	
EkwH	Calcule la consommation spécifique exprimée en kWh/m ³ .	

Exemple

800 m DN100 en fonte ductile, rugosité de service 0,1 mm, débit de 40 m³/h, hauteur de refoulement 50 m, rendement moteur/couple de 80% :

100 **DNmm** 800 **Lm** 0,1 **kbmm** 40 **l/s** **Ql/s** **NXT** **NXT**,

50 **Hgeom** 80 **%**,

```

Pump Parameters
Q: 11.11 l/s
Hgeo: 50 m
η: 80%

```

NkW donne une puissance de 9,25 kW,

EkwH donne une consommation spécifique de 0,23 kWh/m³.

Variable

ZePar { DN[m] L[m] k_b [mm] Q[m³/s] H_{geo} [m] η [%] }



MENU PRINCIPALE 1 donnant accès aux sous-menus de saisie des attributs du réseau

Touche	Opération	Variables
	Sous-menu des options : unité de débit, nombre de réservoirs.	Le choix des options est enregistré dans la variable ΔMOD .
	Sous-menu de saisie des attributs des conduites.	Les attributs sont enregistrés dans les variables ΔSN et $\Delta SPar$.
	Sous-menu de saisie des attributs des nœuds.	Les attributs sont enregistrés dans les variables ΔKN et $\Delta KPar$.
	Sous-menu de saisie des attributs des réservoirs.	Les attributs sont enregistrés dans les variables ΔRN et $\Delta RPar$.
	Affiche les données de calcul sous forme d'une chaîne de caractères pouvant être copiée (Copy Stack) dans un logiciel de traitement de texte.	

Données de calcul

Sn	Pipe number	Numéro de conduite
K1	Initial node	Nœud amont
K2	Final node	Nœud aval, déterminant le sens positif du courant
DN	Diameter (mm)	Diamètre de la conduite
L	Length (m)	Longueur de la conduite
kb	Roughness (mm)	Rugosité fonctionnelle de la conduite
Total length L		Longueur total du réseau
Kn	Node number	Numéro de nœud
Qc	Nodal demand (l/s ou m ³ /h)	Consommation au droit du nœud
N	Ground level (m)	Niveau du terrain au droit du nœud
Total demand Q (l/s ou m ³ /h)		Consommation totale dans le réseau
Rn	Reservoir number	Numéro de nœud sur lequel est branché le réservoir
LOF	Pressure head (m)	Plan d'eau du réservoir conditionnant la pression statique

Nota : La consommation totale correspond à la somme des consommations *positives* attribuées aux nœuds du réseau. Les consommations *negatives* assimilées aux débits d'alimentation des pompes ne sont pas comptabilisées.

MENU PRINCIPALE 2 donnant accès aux fonctions de calcul et d'affichage des résultats

Touche	Opération	Variables / Arguments
	<p>Lance la procédure du calcul hydraulique.</p> <p>La progression du calcul est visualisée par la barre</p> <p>symbolisant les étapes suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lecture des données de calcul et identification des mailles, - détermination des débits initiaux, - calcul itératif des mailles avec une précision de $< 10^{-2}$ m, - calcul des pertes de charge linéaires, - suppression des fichiers de calcul. <p>Dans le cas d'un calcul d'un réseau à deux réservoirs, toute la séquence est répétée jusqu'à ce que la ligne piézométrique ait une précision de $< 10^{-2}$ m au niveau du deuxième réservoir.</p>	<p>La procédure d'identification des mailles génère une liste ΔMP_{ar} { $\{ K_n \dots \}_{M_n} \dots$ } comprenant les listes des numéros des nœuds des différentes mailles.</p> <p>Les résultats du calcul sont enregistrés dans les variables ΔSQ { Q_{S_n} [m³/s] ... } et ΔKP { $\{ N_{p_{K_n}}$ [m] P_{K_n} [mCE] } ... }.</p>
	Affiche les résultats du calcul Q et J de la conduite S_n et les place dans la pile	1: Numéro de conduite S_n
	Affiche les résultats du calcul N_p et P du nœud K_n et les place dans la pile.	1: Numéro de nœud K_n
	<p>Calcule la pression de service P au droit du nœud K_P en fonction de la consommation Q_c au droit du nœud K_Q.</p> <p>Nota : K_Q ne doit pas avoir été attribué à un réservoir.</p> <p>Nota : La consommation Q_c reste mémorisée au droit du nœud K_Q. Utiliser pour rétablir la consommation initiale.</p>	<p>3: Numéro du nœud K_P</p> <p>2: Numéro du nœud K_Q</p> <p>1: Consommation Q_c</p>
	<p>Calcule de façon itérative la consommation Q_c au droit du nœud K_Q en fonction de la pression de service P imposée avec une précision de $< 10^{-2}$ mCE au droit du nœud K_P.</p> <p>Nota : K_Q et K_P ne doivent pas avoir été attribués à des réservoirs.</p> <p>Nota : La consommation Q_c reste mémorisée au droit du nœud K_Q. Utiliser pour rétablir la consommation initiale.</p>	<p>3: Numéro du nœud K_Q</p> <p>2: Numéro du nœud K_P</p> <p>1: Pression de service P</p>
	Affiche les résultats de calcul sous forme d'une chaîne de caractères pouvant être copiée (Copy Stack) dans un logiciel de traitement de texte.	

Résultats de calcul

S_n	Pipe number	Numéro de conduite
K_1	Initial node	Nœud amont
K_2	Final node	Nœud aval, déterminant le sens positif du courant
DN	Diameter (mm)	Diamètre de la conduite
L	Length (m)	Longueur de la conduite
kb	Roughness (mm)	Rugosité de la conduite
Q	Volume flow rate (l/s ou m ³ /h)	Débit d'eau transitant dans la conduite
J	Slope of hydraulic grade (m/km)	Pente de la ligne piézométrique
K_n	Node number	Numéro de nœud
Q_c	Nodal demand (l/s ou m ³ /h)	Consommation au droit du nœud
N	Ground level (m)	Niveau du terrain au droit du nœud
N_p	Reference pressure (m)	Niveau piézométrique
P	Operating pressure (mWC)	Pression de service en mètres de colonne d'eau

SOUS-MENU DE SAISIE DES ATTRIBUTS DES CONDUITES

Touche	Opération	Arguments
	Saisit le numéro de la conduite.	1: Numéro de conduite S_n
	Saisit le numéro du nœud amont K_1 .	1: Numéro de nœud K_1
	Saisit le numéro du nœud aval K_2 , déterminant le sens positif du courant.	1: Numéro de nœud K_2
	Saisit le diamètre DN de la conduite exprimé en mm.	1: Diamètre DN
	Saisit la longueur L de la conduite exprimée en m.	1: Longueur L
	Saisit la rugosité <i>fonctionnelle</i> k_b de la conduite exprimée en mm. Nota : La rugosité fonctionnelle tient compte du revêtement intérieur de la conduite, des turbulences dues aux joints, du branchement des conduites secondaires et des raccords particuliers, des changements de direction, des équipements de robinetterie et des dépôts divers. La directive DVGW W303 recommande les coefficients suivants : - conduites d'adduction : $k_b = 0,1$ mm - conduites maîtresses de distribution : $k_b = 0,4$ mm - réseaux de distribution en PVC ou PEHD : $k_b = 0,4$ mm - réseaux de distribution en fonte ductile : $k_b = 1,0$ mm	1: Rugosité fonctionnelle k_b

L'opération de saisie des attributs d'une conduite est clôturée par la commande **STORE**.

Nota : Deux conduites ne peuvent pas avoir les mêmes nœuds amont et aval (double conduite). Le cas échéant, il faut placer un nœud de support intermédiaire.

Touche	Opération	Arguments
	Affiche les données S_n , K_1 , K_2 , DN, L et k_b	
STORE	Mise en mémoire des attributs saisis d'une conduite. Nota : Les attributs DN et k_b restent mémorisés pour la saisie suivante.	
RECALL	Rappel des attributs de la conduite S_n . Une éventuelle modification de ces attributs est enregistrée par la commande STORE .	1: S_n
DELETE	Supprime les attributs de la conduite S_n .	1: S_n
	Quitte le sous-menu de saisie des attributs des conduites et affiche le sous-menu de saisie des attributs des nœuds . La commande génère une liste ΔK_{ex} des nœuds saisis lors de l'enregistrement des conduites et pour lesquels doivent obligatoirement être définis les attributs correspondants dans le sous-menu . En l'absence de données enregistrées, retour au menu principal.	

SOUS-MENU DE SAISIE DES ATTRIBUTS DES NŒUDS

Touche	Opération	Arguments
	Saisit le numéro du nœud.	1: Numéro du nœud K_n
	Saisit la consommation Q_c au droit du nœud exprimée en l/s ou en m^3/h . Nota : La consommation $Q_c=0$ l/s ou m^3/h est saisie par défaut. Nota : Une consommation <i>négative</i> correspond au débit d'alimentation d'une pompe. Il n'est cependant pas possible de saisir une courbe de pompe.	1: Consommation Q_c
	Saisit le niveau du terrain au droit du nœud exprimé en m. Nota : Le niveau $N=0$ m est saisi par défaut.	1: Niveau N
	Multiplie toutes les consommations <i>positives</i> avec le facteur k : simulation de la consommation de pointe ou de l'accroissement de la consommation future, partant de l'hypothèse couramment appliquée lors des calculs hydrauliques que le pourcentage de la répartition des consommations particulières reste identique. Nota : Les consommations <i>négatives</i> assimilées aux débits d'alimentation de pompes restent inchangées. Nota : La multiplication des consommations ne peut être exécutée que si tous les nœuds ont été pourvus d'attributs. En règle générale, l'application du facteur multiplicateur est effectuée après la simulation de la consommation de base.	1: Facteur multiplicateur k

L'opération de saisie des attributs d'un nœud est clôturée par la commande **STORE**.

Touche	Opération	Arguments
	Affiche les attributs saisis K_n , Q_c et N	
STORE	Mise en mémoire des attributs saisis d'un nœud.	
RECALL	Rappel des attributs du nœud K_n . Une éventuelle modification de ces attributs est enregistrée par la commande STORE .	1: Numéro de nœud K_n
DELETE	Supprime le nœud K_n et ses attributs. Nota : Avant de supprimer un nœud, il faut en supprimer le ou les conduites s'y rattachant.	1: Numéro de nœud K_n
CPALTE	Pourvoit tous les nœuds non pourvus d'attributs des attributs standardisés $Q_c=0$ l/s/ m^3/h et $N=0$ m.	
	Quitte le sous-menu de saisie des attributs des nœuds et affiche le sous-menu de saisie des attributs des réservoirs . Nota : La commande vérifie si tous les nœuds ont été pourvus d'attributs. Dans le cas contraire, une liste des nœuds non pourvus d'attributs est placée dans la pile.	

SOUS-MENU DE SAISIE DES ATTRIBUTS DES RÉSERVOIRS

Touche	Opération	Arguments
	Enregistre le numéro de nœud du réservoir 1.	1: Numéro du nœud K_{R1}
	Enregistre le niveau du plan d'eau du réservoir 1 exprimé en m conditionnant la pression statique.	1: Niveau OF (trop-plein)
	Enregistre le numéro de nœud du réservoir 2.	1: Numéro du nœud K_{R2}
	Enregistre le niveau du plan d'eau du réservoir 2 exprimé en m conditionnant la pression statique.	1: Niveau OF (trop-plein)

Les attributs d'un réservoir sont enregistrés dès leur saisie.

Nota : Un réservoir doit *obligatoirement* être attribué à un nœud terminal. En d'autres termes, il ne peut y avoir qu'une seule conduite de départ. Le cas échéant, il faut placer un nœud de support avec une seule conduite de départ.

Nota : Une consommation attribuée à un nœud d'un réservoir n'est pas prise en compte pour le calcul hydraulique du réseau. Elle est toutefois prise en compte dans la consommation totale dans le réseau.

Touche	Opération	Arguments
	Affiche les attributs enregistrés des réservoirs.	
	Quitte le sous-menu de saisie des attributs des réservoirs et retourne au menu principal.	

Variables

ΔMOD { 0(l/s)/1(m³/h) 0(1 réservoir)/1(2 réservoirs) }
 ΔSN { S_n ... } $\Delta SPar$ { { K_1 K_2 DN[mm] L[m] k_b [mm] } S_n ... }
 ΔKN { K_n ... } $\Delta KPar$ { { Q_c [l/s/m³/h] N[m] } K_n ... }
 ΔRN { K_{R1} K_{R2} } $\Delta RPar$ { OF_{R1} [m] OF_{R2} [m] }
 ΔKex { K_n ... }
 $\Delta MPar$ { { K_n ... } M_n ... }
 ΔSQ { Q_{Sn} [m³/s] ... }
 ΔKP { { N_{pKn} [m] P_{Kn} [mCE] } ... }

Messages d'erreur (liste non exhaustif)

STORE Error:

Parameter(s) Missing

Pour que les attributs d'une conduite/d'un nœud puissent être enregistrés, il faut saisir tous les attributs. La touche renseigne sur les valeurs manquantes (NOVAL).

STORE Error:

K_n doesn't exist

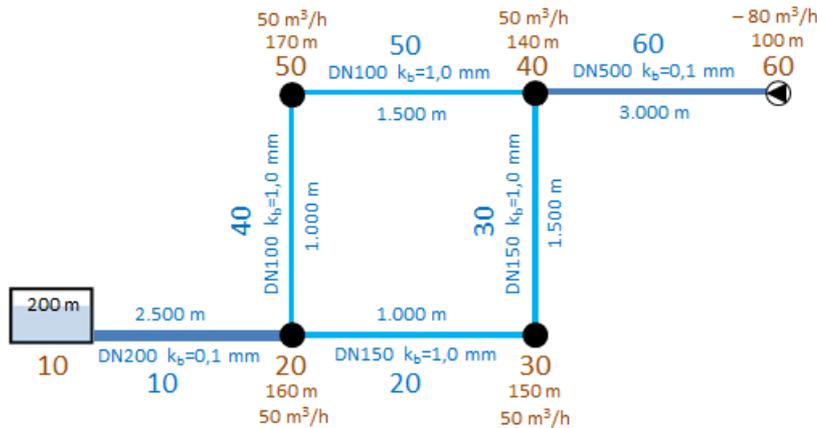
Enregistrement des attributs d'un nœud qui n'existe pas, c. à d. qui n'a pas été défini lors de l'enregistrement des attributs des conduites. Retourner au sous-menu de saisie des attributs des conduites.

EXIT Error:

Parameter(s) missing

Nœuds existants non définis

Exemple 1



Créer un nouveau dossier et lancer l'application NET.

: choisir **m3/h** comme unité de débit et le nombre **1** comme nombre de réservoirs.

: choisir le sous-menu de saisie des attributs des conduites. Saisir les attributs des conduites :

10 Sn 10 Ki 20 Ka 200 DNmm 2500 Lm 0,1 kbmm NXT STORE.

20 Sn 20 Ki 30 Ka 150 DNmm 1000 Lm 1,0 kbmm NXT STORE.

30 Sn 30 Ki 40 Ka 1500 Lm (DN et kb sont en mémoire) NXT STORE.

40 Sn 20 Ki 50 Ka 100 DNmm 1000 Lm (kb est en mémoire) NXT STORE.

50 Sn 50 Ki 40 Ka 1500 Lm (DN et kb sont en mémoire) NXT STORE.

60 Sn 40 Ki 60 Ka 150 DNmm 3000 Lm 0,1 kbmm NXT STORE.

: quitter le sous-menu de saisie des attributs des conduites et accéder au sous-menu de saisie des attributs des nœuds. Saisir les attributs des nœuds :

20 Kn 50 Qc_? 160 Nm NXT STORE.

30 Kn 50 Qc_? 150 Nm NXT STORE.

40 Kn 50 Qc_? 140 Nm NXT STORE.

50 Kn 50 Qc_? 150 Nm NXT STORE.

60 Kn -80 Qc_? (débit de pompage) 100 Nm NXT STORE.

: pouvoir tous les nœuds non pourvus d'attributs, i.e. le nœud 10 auquel sera attribué le réservoir, des attributs standardisés $Q_c=0$ l/s et $N=0$ m.

: quitter le sous-menu de saisie des attributs des nœuds et accéder au sous-menu de saisie des attributs des réservoirs. Saisir les attributs du réservoir :

10 Kr1 200 (niveau du plan d'eau conditionnant la pression statique dans le réseau) QFm.

: quitter le sous-menu et retourner au menu principal.

: afficher les données de calcul, exécuter la fonction Copy String de l'émulateur, puis coller la chaîne de caractères dans un programme de traitement de texte.

: lancer la procédure de calcul hydraulique.

: afficher les résultats de calcul, exécuter la fonction Copy String de l'émulateur, puis coller la chaîne de caractères dans un programme de traitement de texte.

En toute logique, le réservoir participe à hauteur de $120 \text{ m}^3/\text{h}$ à l'approvisionnement des consommateurs.

La pression de service est de 15,5 mètres de colonne d'eau au droit du nœud 50. Quel doit être le débit de pompage au droit du nœud 60 pour que la pression de service au droit du nœud 50 atteigne 25 mCE ?

60 (K_Q) 50 (K_P) 25 (P) donne $108,58 \text{ m}^3/\text{h}$. En effet, 50 donne 25 mCE comme pression de service.

Exemple 2

Reproduire avec un réseau alimenté par deux réservoirs le deuxième exemple de l'application PIPE calculant la capacité de transport d'une ligne de conduites pour une perte de charges imposée de 20 mCE :



Créer un nouveau dossier et lancer l'application NET.

[] : choisir **m³/h** comme unité de débit et le nombre **2** comme nombre de réservoirs.

[] : choisir le sous-menu de saisie des attributs des conduites. Saisir les attributs des conduites :

10 **[]** 10 **[]** 20 **[]** 100 **[]** 800 **[]** 0,1 **[]** **[]** **[]** **[]**

20 **[]** 20 **[]** 30 **[]** 90 **[]** 500 **[]** 0,04 **[]** **[]** **[]** **[]**

[] : quitter le sous-menu de saisie des attributs des conduites et accéder au sous-menu de saisie des attributs des nœuds.

[] **[]** : pourvoir tous les nœuds des attributs standardisés $Q_c=0$ l/s et $N=0$ m. Aucune consommation particulière aux nœuds, le deuxième réservoir figurant comme seul consommateur gravitaire.

[] : quitter le sous-menu de saisie des attributs des nœuds et accéder au sous-menu de saisie des attributs des réservoirs. Saisir les attributs des réservoirs :

10 **[]** 100 **[]** 30 **[]** 80 (différence de niveau de 20 mCE simulant la perte de charges imposée) **[]**

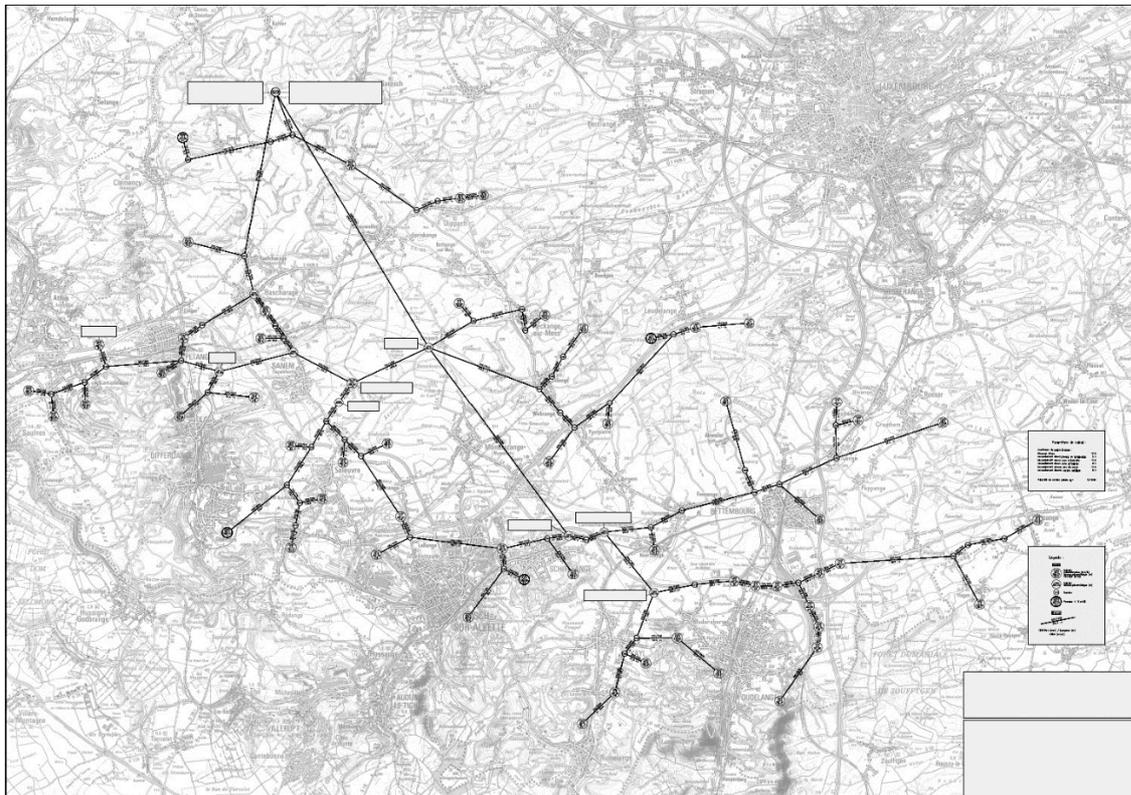
[] : quitter le sous-menu et retourner au menu principal.

[] : lancer la procédure de calcul hydraulique.

10 (ou 20) **[]** donne 29,77 m³/h comme débit de transit.

Exemple 3

Réseau de 108 nœuds, 110 conduites et 3 mailles calculé avec le programme NET sur iPhone 7 en 14 secondes :





ΔZE

Auteur : Philippe Colbach, 1997

Formule de calcul itérative de la perte de charge dans une conduite d'eau sous pression se basant sur les équations de Darcy-Weisbach et de Colebrook-White. Cette formule est à la base des applications PIPE et NET. Opération pouvant être appliquée sous forme algébrique ' $\Delta ZE(DN,L,k_b,Q)$ '. Le résultat du calcul est donné avec la précision maximale supportée par la fonction ROOT.

La désignation de la perte de charge par Δz_e s'aligne à la littérature allemande.

Touche	Opération	Arguments
	Calcule la perte de charge Δz_e dans une conduite sous pression en fonction de son diamètre nominal DN exprimé en m, de sa longueur L exprimée en m, de sa rugosité k_b exprimée en mm et du débit Q exprimé en m^3/s .	4: DN en m 3: L en m 2: k_b en mm 1: Q_c en m^3/s

Nota : Les unités des paramètres divergent pour certaines de celles employées par les applications PIPE et NET.