

hp15c calculatrice scientifique

modélisation d'une conduite sous pression

Auteur : Philippe Colbach, 2021

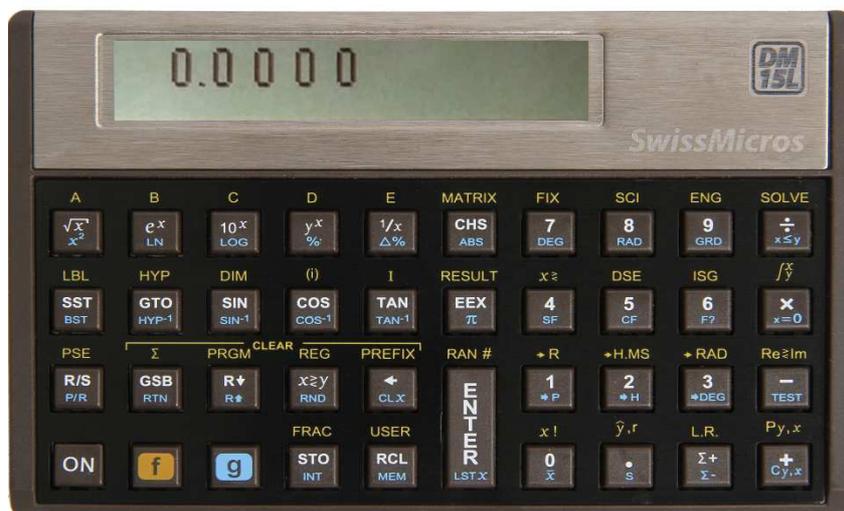
Remarques préliminaires

Outre sur les calculatrices Hewlett-Packard HP15C et surtout SwissMicros DM15L avec des vitesses d'exécution nettement accrues, le programme tourne parfaitement sur les émulateurs HP15C pour téléphones portables, ce qui le rend particulièrement mobile pour les usages professionnels.

L'utilisateur du programme de modélisation doit connaître les bases du fonctionnement de la calculatrice HP15C. Conformément à la directive DVGW W302, les calculs hydrauliques sont basés sur une température de l'eau de 10°C. L'utilisateur expérimenté peut modifier le coefficient de la viscosité dynamique pour tenir compte d'une température différente de l'eau. Pour plus de questions, adressez-vous à l'auteur du site internet www.eauxpotables.com.



Emulateur de la calculatrice HP15C



Calculatrice DM15L

Programme de modélisation d'une conduite sous pression

Auteur : Philippe Colbach, 2021

Le présent programme de modélisation d'une conduite d'eau circulaire sous pression se base sur l'équation suivante issue des théories hydrauliques de Darcy-Weisbach et de Colebrook-White :

$$Q_{[m^3/s]} = \pi \times DN_{[m]}^2 / 4 \times \left(-2 \times \text{LOG}_{10} \left(2,51 \times 1,30 \cdot 10^{-6} [10^\circ\text{C}] / \sqrt{(2 \times 9,80665 [m/s^2] \times DN_{[m]}^3 \times \Delta H_{[mCE]} / L_{[m]}) + k_b [mm]} / (3,71 \times DN_{[m]} \times 1000) \right) \right) \times \sqrt{(2 \times 9,80665 [m/s^2] \times DN_{[m]} \times \Delta H_{[mCE]} / L_{[m]})}$$

SAISIE DES DONNEES

Le programme permet d'introduire quatre paramètres de l'équation précédente dans les registres désignés et de calculer par la suite la valeur du cinquième. Pour ce faire, stockez les paramètres connus de la conduite dans les registres suivants :

- le diamètre nominal **DN** exprimé en **mm** dans le registre **R 1**
- la longueur **L** exprimée en **m** dans le registre **R 2**
- la rugosité fonctionnelle **k_b** exprimée en **mm** dans le registre **R 3**
- le débit **Q** exprimé en **l/s** dans le registre **R 4**
- la perte de charge **ΔH** exprimée en **mCE** * dans le registre **R 5** *(mètres de colonne d'eau)



Emplacement des registres désignés des paramètres de la conduite

EXECUTION DU PROGRAMME

Pour calculer le cinquième paramètre recherché, introduisez deux estimations initiales (≥ 0) dans les registres **Y** et **X** de la pile, puis appuyez sur **f SOLVE** suivi du label désignant la valeur recherchée (identique au label des registres désignés), à savoir :

- **1** pour calculer la valeur de **DN**
- **2** pour calculer la valeur de **L**
- **3** pour calculer la valeur de **k_b**
- **4** pour calculer la valeur de **Q**
- **5** pour calculer la valeur de **ΔH**

A l'issue de la procédure de calcul, le résultat est affiché dans le registre **X** de la pile et placé dans le registre de données du paramètre.

f **A** évalue l'équation $Q-f(DN, L, k_b, \Delta H) = 0$ à base du présent programme. Aussi l'exécution de la routine **A** à l'issue de la procédure de calcul donne-t-elle nécessairement un résultat proche ou égal à zéro.

Error **0** indique que la fonction **SOLVE** a appelé la routine **A** avec une valeur négative. Afin d'éviter ce message d'erreur, réajustez le cas échéant l'intervalle de recherche en choisissant comme estimation minimale le nombre zéro. Les hydrauliciens sont en mesure d'estimer la plage approximative dans laquelle le programme doit chercher la racine de l'équation.

EXEMPLE 1 : CALCUL DE LA PERTE DE CHARGE

Calcul de la perte de charge engendrée par un flux de 40 m³/h dans une conduite d'adduction DN100 en fonte ductile (rugosité fonctionnelle recommandée de 0,1 mm) d'une longueur de 800 m.

Saisie des données :

100 **STO** **1** 800 **STO** **2** 0,1 **STO** **3** 40 [m³/h] **ENTER** 3,6 **÷** [l/s] **STO** **4**

Calcul de la perte de charge :

0 **ENTER** 50 **f** **SOLVE** **5** donne une perte de charge de **17,95 mCE** et le résultat est placé dans le registre **R 5**.

EXEMPLE 2 : DÉTERMINATION DU DIAMÈTRE NOMINAL

Campagne de mesure de la perte de charge afin de déterminer le diamètre nominal de la conduite.

Longueur du tronçon analysé d'après le relevé du réseau de distribution : L=125 m

125 **STO** **2**

Rugosité fonctionnelle : $k_b=0,4$ mm (réseau de distribution sans branchement particulier)

0,4 **STO** **3**

Prélèvement d'eau : Q=21,8 l/s

21,8 **STO** **4**

Point de mesure 1 : niveau terrain=316,8 m, pression de service=49,1 mCE \Rightarrow niveau piézométrique=365,9 m.

Point de mesure 2 : niveau terrain=324,0 m, pression de service=28,5 mCE \Rightarrow niveau piézométrique=352,5 m.

\Rightarrow Perte de charge engendrée par le prélèvement de l'eau=13,4 mCE.

13,4 **STO** **5**

Calcul du diamètre nominal de la conduite :

50 **ENTER** 200 **f** **SOLVE** **1** donne une section théorique de **101,1 mm** (i.e. DN100) et le résultat est placé dans le registre **R 1**.

EXEMPLE 3 : DÉTERMINATION DE LA RUGOSITÉ FONCTIONNELLE

Campagne de mesure de la perte de charge afin de déterminer la rugosité fonctionnelle du réseau.

Tronçon de calibrage DN100 d'une longueur de 278 m

100 **STO** **1** 278 **STO** **2**

Prélèvement à la prise d'eau : Q=20,0 l/s

20,0 **STO** **4**

Chute de pression mesurée sur le tronçon de calibrage : $\Delta H=19,7$ mCE

19,7 **STO** **5**

Détermination de la rugosité fonctionnelle :

0 **ENTER** 2 **f** **SOLVE** **3** donne une rugosité théorique de **0,11 mm** et le résultat est placé dans le registre **R 3**.



EXEMPLE 4 : CALCUL DE LA CAPACITÉ DE TRANSPORT

Calcul de la capacité de transport d'une conduite d'adduction DN100 en fonte ductile (rugosité fonctionnelle de 0,1 mm) d'une longueur de 1.418 m pour une perte de charge imposée de 25,5 mCE, sachant que le dénivellement entre le plan d'eau de la chambre de captage de la source et le niveau d'entrée de la conduite d'adduction dans la cuve de stockage du réservoir en aval est de 25,5 m.

Saisie des données :

100 **STO** 1 1418 **STO** 2 0,1 **STO** 3 25,5 **STO** 5

Calcul de la capacité de transport :

0 **ENTER** 20 **f SOLVE** 4 donne un flux de **9,89 l/s** (35,61 m³/h) et le résultat est placé dans le registre **R 4**.

SÉQUENCE DU PROGRAMME

Séquence destinée aux calculatrices Hewlett-Packard HP15C Limited Edition (2011) et SwissMicros DM15L (depuis 2015) ainsi qu'aux multiples émulateurs pour PC et appareils mobiles, donnant un résultat théorique avec la précision maximale supportée par la formule à base du programme :

Line	Display	Key Sequence	Line	Display	Key Sequence	Line	Display	Key Sequence
000			026	6	6	052	45, 40, 4	RCL + 4
001	42, 21, 11	f LBL A	027	3	3	053	43 32	g RTN
002	45 1	RCL 1	028	26	EEX	054	42, 21, 0	f LBL 0
003	45, 20, 2	RCL × 2	029	3	3	055	45 4	RCL 4
004	45, 20, 5	RCL × 5	030	16	CHS	056	43 32	g RTN
005	43 20	g x=0	031	34	x←y	057	42, 21, 1	f LBL 1
006	22 0	GTO 0	032	10	÷	058	44 1	STO 1
007	1	1	033	45 3	RCL 3	059	32 11	GSB A
008	48	0	034	3	3	060	43 32	g RTN
009	9	9	035	48	0	061	42, 21, 2	f LBL 2
010	6	6	036	7	7	062	44 2	STO 2
011	1	1	037	1	1	063	32 11	GSB A
012	3	3	038	45, 20, 1	RCL × 1	064	43 32	g RTN
013	3	3	039	10	÷	065	42, 21, 3	f LBL 3
014	26	EEX	040	40	+	066	44 3	STO 3
015	2	2	041	43 13	g LOG	067	32 11	GSB A
016	16	CHS	042	20	×	068	43 32	g RTN
017	45, 20, 1	RCL × 1	043	45 1	RCL 1	069	42, 21, 4	f LBL 4
018	45, 20, 5	RCL × 5	044	43 11	g x²	070	44 4	STO 4
019	45, 10, 2	RCL ÷ 2	045	2	2	071	32 11	GSB A
020	11	√x	046	26	EEX	072	43 32	g RTN
021	36	ENTER	047	3	3	073	42, 21, 5	f LBL 5
022	45, 20, 1	RCL × 1	048	10	÷	074	44 5	STO 5
023	3	3	049	20	×	075	32 11	GSB A
024	48	0	050	43 26	g IT	076	43 32	g RTN
025	2	2	051	20	×			

Labels	Description
A	Routine to compute Q=f(DN, L, kb, ΔH)
0	Subroutine to avoid +0
1	Routine to compute DN [mm]
2	Routine to compute L [m]
3	Routine to compute kb [mm]
4	Routine to compute Q [l/s]
5	Routine to compute ΔH [mWC]

Séquence du programme extraite de l'émulateur HP15C de Torsten Manz.



Séquence optimisée destinée à la calculatrice Hewlett-Packard HP15C (1982-1989) :

Line	Display	Key Sequence	Line	Display	Key Sequence	Line	Display	Key Sequence
000			023	3	3	046	43 32	g RTN
001	42,21,11	f LBL A	024	48	.	047	42,21, 1	f LBL 1
002	45 1	RCL 1	025	7	7	048	44 1	STO 1
003	45,20, 2	RCL × 2	026	1	1	049	32 11	GSB A
004	45,20, 5	RCL × 5	027	45,20, 1	RCL × 1	050	43 32	g RTN
005	43 20	g x=0	028	10	÷	051	42,21, 2	f LBL 2
006	22 0	GTO 0	029	40	+	052	44 2	STO 2
007	45 1	RCL 1	030	43 13	g LOG	053	32 11	GSB A
008	45,20, 5	RCL × 5	031	20	×	054	43 32	g RTN
009	45,10, 2	RCL ÷ 2	032	45 1	RCL 1	055	42,21, 3	f LBL 3
010	11	√x	033	43 11	g x²	056	44 3	STO 3
011	36	ENTER	034	20	×	057	32 11	GSB A
012	45,20, 1	RCL × 1	035	43 26	g π	058	43 32	g RTN
013	2	2	036	20	×	059	42,21, 4	f LBL 4
014	48	.	037	7	7	060	44 4	STO 4
015	3	3	038	26	EEX	061	32 11	GSB A
016	3	3	039	5	5	062	43 32	g RTN
017	26	EEX	040	16	CHS	063	42,21, 5	f LBL 5
018	2	2	041	20	×	064	44 5	STO 5
019	16	CHS	042	45,40, 4	RCL + 4	065	32 11	GSB A
020	34	x↔y	043	43 32	g RTN	066	43 32	g RTN
021	10	÷	044	42,21, 0	f LBL 0			
022	45 3	RCL 3	045	45 4	RCL 4			

Séquence du programme extraite de l'émulateur HP15C de Torsten Manz.

Cette séquence dispose d'un nombre de lignes de programme réduit affectées aux décimales des constantes de l'équation. L'optimisation joue, certes, au détriment de la précision du résultat, mais réduit sensiblement le temps que prend le calcul itératif d'une racine par cet appareil d'époque. L'imprécision est de < 5 ‰ par rapport à la formule de base et reste largement suffisante pour tout usage professionnel.