

Carte d'applications de la bibliothèque d'équations HP Solve Manuel d'utilisation

HP 82211A



Commentaires :

Carte d'applications HP Solve

Nous apprécions votre évaluation de ce manuel. Vos commentaires et suggestions nous aident à améliorer nos publications.

Carte d'applications HP Solve Manuel d'utilisation

Veillez entourer d'un cercle une réponse pour chacune des affirmations ci-dessous. Vous pouvez utiliser l'espace intitulé **Commentaires** pour toute information supplémentaire.

1 = Tout-à-fait d'accord

4 = Pas d'accord

2 = D'accord

5 = Pas du tout d'accord

3 = Indifférent

- | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| ■ Le manuel est bien organisé. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | |
| ■ Les informations sont faciles à trouver. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | |
| ■ Les informations sont correctes. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | |
| ■ Les instructions sont compréhensibles. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | |
| ■ Le manuel contient suffisamment d'exemples. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | |
| ■ Les exemples sont utiles et bien choisis. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | |
| ■ La présentation et le format sont attrayants et pratiques. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | |
| ■ Les illustrations sont claires et utiles. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | |
| ■ Le manuel est : | | | | | | | | | | | | | |
| trop long | | | | | | | | | | | | | |
| suffisant | | | | | | | | | | | | | |
| trop court | | | | | | | | | | | | | |
| ■ Les chapitres et annexes consultés le plus fréquemment sont : | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | A | B | C | D | Index |

Commentaires : _____

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal, ville : _____

Profession : _____

Téléphone : (_____) _____

**Prière
d'affranchir**

**Hewlett-Packard France
Département Calculatrices
28, rue Jacques Ibert
B.P. 5820
75858 Paris Cedex 17**

Carte d'applications de la bibliothèque d'équations HP Solve

Manuel d'utilisation



Edition 1 Juin 1990
82211-90007

Avertissement

Pour les indications concernant la garantie, consultez l'annexe A de ce manuel.

Ce manuel et tous les exemples qu'il contient sont fournis dans l'état où ils se trouvent, et peuvent être modifiés sans préavis. Hewlett-Packard Company ne garantit en aucune façon ce manuel, et ne saurait être tenu pour responsable des dommages directs ou indirect causés par le manuel ou son utilisation, notamment les erreurs ou omissions qu'il pourrait contenir.

© Hewlett-Packard Co. 1990. Tous droits réservés. Reproduction, adaptation ou traduction interdites sans autorisation préalable de Hewlett-Packard.

Les programmes qui contrôlent votre calculateur sont protégés par copyright et tous les droits sont réservés ; la reproduction, l'adaptation ou la traduction de ces programmes sans autorisation préalable et écrite de Hewlett-Packard est interdite.

Les données contenues dans l'application « Tableau périodique des éléments » sont fondées sur l'ouvrage « Periodic Table of the Elements » publié par Sargent-Welch Scientific Company, une firme appartenant au groupe VWR, et est utilisé avec les autorisations nécessaires.

Les données contenues dans l'application « Bibliothèque des constantes » ont été puisées dans l'ouvrage « *The 1986 CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants* » publié dans le *Journal of Physical and Chemical Reference Data* du « National Bureau of Standards », et sont utilisées avec les autorisations nécessaires.

Corvallis Division
1000 N.E. Circle Blvd.
Corvallis, OR 97330, U.S.A.

Historique de l'impression

Table des matières

1	7	Introduction
	7	Installation et retrait de la carte
	8	Utilisation des applications
	8	Choix au sein d'un catalogue
	9	Travail «avec» et «sans» unités
<hr/>		
2	11	Bibliothèque d'équations
	11	Résolution d'un problème à l'aide de la bibliothèque d'équations
	13	Pour en savoir plus au sujet des jeux d'équations
	14	Examen des équations
	16	Examen des variables et choix des unités
	18	Examen de la figure
	18	Utilisation de l'algorithme de résolution
	19	Retour à l'algorithme de résolution
	19	Etape 1 : Introduction des valeurs connues
	20	Etapes 2 : Fourniture d'estimations (optionnelle)
	21	Etape 3 : Détermination de la solution
	22	Utilisation de l'application HP Solve
	23	Utilisation de l'algorithme de résolution d'un système d'équations
	23	Contrôle des variables
	24	Interprétation des résultats
	27	Modification du problème
	27	Utilisation de l'application HP Solve avec un système d'équations

- 28** Choix des unités
 - 30** Utilisation des commandes de la bibliothèque d'équations
-

3 **32** **Description des équations**

- 32** Colonnes et poutres
 - 39** Electricité
 - 50** Mécanique des fluides
 - 55** Forces et énergie
 - 59** Gaz
 - 63** Thermodynamique
 - 67** Magnétisme
 - 69** Mouvement
 - 73** Optique
 - 76** Oscillations
 - 80** Géométrie plane
 - 84** Géométrie dans l'espace
 - 87** Composants à semi-conducteur
 - 94** Résistance des matériaux
 - 98** Ondes
-

4 **100** **Tableau périodique**

- 100** Utilisation du tableau périodique
- 102** Trouver les propriétés des éléments
- 107** Traçage des propriétés
- 109** Choix des unités
- 109** Calcul du poids moléculaire
- 111** Utilisation des commandes de l'application Tableau périodique
- 112** Obtention des propriétés à l'aide d'une commande
- 113** Calcul du poids moléculaire à l'aide d'une commande

5	115	Bibliothèque des constantes
	117	Obtention des constantes à partir du catalogue
	118	Obtention des constantes à l'aide de commandes

6	120	Finance
	120	Réalisation de diagrammes de flux financiers
	121	Calculs de flux
	126	Calcul d'amortissement
	128	La programmation et les commandes de «Finance»

7	130	Algorithme de résolution d'un système d'équations
	130	Résolution d'un système d'équations
	131	Définition : ensemble d'équations
	131	Conception des équations
	132	Création d'équations
	133	Résolution des équations
	134	Définition des unités par défaut
	136	Changement de titre et de menu
	137	Résolution d'équations avec des commandes

8	138	Utilitaires
	138	Le jeu «Minehunt»
	139	Unités définies par l'utilisateur
	140	Commandes
	140	Fonction ZFACTOR
	140	La fonction FANNING
	141	La fonction DARCY
	141	Fonction F0λ
	141	Fonction SIDENS
	141	Fonction TDELTA
	142	Fonction TINC

A	143	Service d'assistance et service après-vente
	143	Service d'assistance calculateurs
	143	Comment vérifier la carte
	144	Environnement
	144	Garantie
	144	Si la carte doit être réparée

B	145	Variable, indicateurs et identificateurs
----------	------------	---

C	147	Bibliographie
----------	------------	----------------------

D	148	Messages
----------	------------	-----------------

	151	Index
--	------------	--------------

Introduction

Ce chapitre vous indique les procédures d'installation de votre carte d'applications.

La carte d'applications comporte six applications principales :

- Bibliothèque des équations (présentée aux chapitres 2 et 3).
- Tableau périodique des éléments (chapitre 4).
- Bibliothèque des constantes (chapitre 5).
- Applications financières (chapitre 6).
- Algorithme de résolution d'un système d'équations (chapitre 7).
- Utilitaires (chapitre 8).

Installation et retrait de la carte

Le HP 48 possède deux *ports* pour l'installation de cartes enfichables (*port 1 et port 2*). Votre carte d'applications peut être installée dans l'un ou dans l'autre.

Consultez votre *Manuel d'utilisation HP 48*, vous y trouverez des informations détaillées sur l'installation et le retrait de cartes enfichables.



Attention

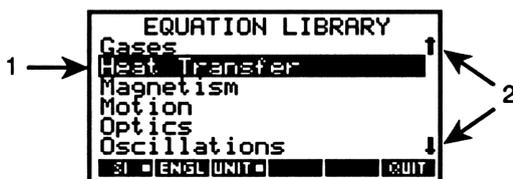
Eteignez le calculateur lors de l'installation ou du retrait de cartes enfichables. Si vous négligez de le faire, vous risquez la perte du contenu de la mémoire.

Utilisation des applications

Dans les paragraphes suivants, vous trouverez des informations concernant l'utilisation des applications.

Choix au sein d'un catalogue

Un *catalogue* est un environnement particulier destiné au choix ou au simple examen d'un ensemble d'éléments. Il présente ces éléments à raison d'une ligne par élément. Tout élément sélectionné est indiqué en caractères *mis en valeur* (1). Si un catalogue ne peut s'afficher en entier à l'écran, des *flèches* (2) en marge de droite indiquent que d'autres éléments sont disponibles plus haut ou plus bas.



La région mise en valeur peut être déplacée dans le catalogue pour visualiser son contenu ; il suffit d'accentuer l'élément du catalogue qui vous intéresse.

Les opérations dans un catalogue

Touche	Effet
 	Déplace la zone mise en valeur vers le haut ou le bas dans le catalogue (cette zone boucle si nécessaire en ligne suivante). Conjuguée avec  , fait passer directement à l'écran suivant. Avec  , passe directement au début ou à la fin du catalogue.

Les opérations dans un catalogue (suite)

Touche	Effet
[α]...	Fait passer la zone mise en valeur à la ligne suivante commençant par le caractère alphabétique spécifié, y compris caractères spéciaux et minuscules (la zone mise en valeur boucle vers le haut du fichier).
Touches de menu	Elles exécutent la fonction annoncée.
[ENTER]	Exécute la fonction prévue par l'application. Dans le cas où un mot ou élément serait plus large que l'écran, (présence de . . .), affiche l'élément complet ; appuyez sur [ENTER] ou sur [ATTN] pour revenir au catalogue.
[ATTN]	Sort de l'application.

Travail « avec » et « sans » unités

Les applications laissent la possibilité de choisir la manière selon laquelle les unités sont utilisées. Le *type* d'unités (SI ou anglo-saxonnes) et leur utilisation, ou non.

Le *type* d'unités que vous utiliserez (SI ou anglo-saxonnes) influencera les valeurs renvoyées par ces applications, ainsi que les unités, réelles ou implicites. Par exemple, la constante universelle des gaz, R est 8,31451 J/gmol·K en unités SI et 10,7316 psi·ft³/lbmol·°R en unités anglo-saxonnes (de sorte que le *type d'unités* peut être important, même si vous n'utilisez pas vraiment d'unités).

L'*utilisation* d'unités (utilisées réellement ou non) déterminent le fait de savoir si les unités seront indiquées à la suite des chiffres exprimant les valeurs ou non ; elle décide si vous travaillerez avec des objets-unités ou des objets-nombres réels.

- Si vous utilisez des unités dans vos calculs, les facteurs de conversion sont automatiquement appliqués si nécessaire, et vos résultats seront plus facilement interprétés.

- Si vous n'utilisez pas d'unités dans vos calculs, des processus comme la résolution d'équations se font plus rapidement, les facteurs de conversions ne sont pas appliqués et il vous incombe de vous assurer que les variables et les valeurs fournies par les applications utilisent un ensemble d'unités implicites compatibles.

Le type d'unités est défini par les touches **SI** et **ENGL** du menu de deux applications. C'est l'indicateur binaire affecté au type d'unités (indicateur 60) qui enregistre votre choix : désarmé pour SI, armé pour les unités anglo-saxonnes.

Vous pouvez choisir des unités, réellement utilisées ou non, avec la touche de menu **UNITS** se trouvant dans trois applications. **UNIT** signifie que des unités sont utilisées, **UNITS** signifie le contraire. L'indicateur déterminant l'utilisation d'unités (indicateur 61) mémorise votre choix : désarmé dans le cas d'utilisation d'unités, armé dans celui de leur non utilisation.

Bibliothèque d'équations

La bibliothèque d'équations est un recueil d'équations et de commandes qui vous permet de résoudre certains problèmes scientifiques et techniques.

Lorsque vous résolvez des problèmes à l'aide de la bibliothèque d'équations, l'application utilise le même détecteur de racines numériques que celui utilisé par l'application HP Solve intégrée dans le HP 48. Si nécessaire, lisez le chapitre intitulé « L'application HP Solve » dans le *Manuel d'utilisation du HP 48*.

Résolution d'un problème à l'aide de la bibliothèque d'équations

Suivez cette procédure pour résoudre un problème à l'aide de la bibliothèque d'équations :

1. Affichez le menu **LIBRARY** et lancez la bibliothèque d'équations en appuyant sur **◀ [LIBRARY] EQLIB EQNLI**.
2. Définissez le système d'unités souhaité en appuyant sur les touches de menu **SI**, **ENGL** et **UNITS**.
3. Choisissez le sujet que vous désirez, puis appuyez sur **[ENTER]**.
4. Choisissez le titre que vous désirez.
5. Eventuellement — si vous souhaitez avoir plus de renseignements au sujet des équations de cet ensemble, appuyez sur d'autres touches en suivant les informations du paragraphe intitulé « Pour en savoir plus au sujet des jeux d'équations » plus loin dans ce chapitre. Vous pouvez souhaiter le faire pour changer les unités de variables (voir « Choix des unités » plus loin dans ce chapitre).
6. Appuyez sur **SOLV** pour lancer la résolution du problème en introduisant les valeurs connues et en déterminant les inconnues.

Exemple : jet d'un projectile. Utilisez la bibliothèque d'équations pour déterminer la vitesse initiale et la hauteur maximale atteinte par un projectile.

Créez le répertoire *ELIB* pour cet exemple.

HOME
 ELIB
 MEMORY CRDIR
 ELIB

```

{ HOME ELIB }
4:
3:
2:
1:
    
```

Lancez la bibliothèque d'équations (Si et ne sont pas repérées par des petits carrés, appuyez une fois sur chacune des touches de menu correspondantes).

CLR
 LIBRARY
 EQLIB EQNLI
 (si nécessaire)
 (UNITS si nécessaire)

```

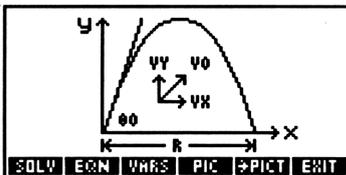
EQUATION LIBRARY
Columns and Beams
Electricity
Fluids
Forces and Energy
Gases
Heat Transfer
SI  ENGL   
    
```

Choisissez la rubrique « Motion » (Mouvement), puis le titre « Projectile Motion » (Jet d'un projectile).

M ENTER

```

MOTION
Linear Motion
Object in Free Fall
Projectile Motion
Angular Motion
Circular Motion
Terminal Velocity
SOLV     
    
```



```

Projectile Motion
4:
3:
2:
1:
x0  x  y0  y  theta
    
```

Déterminez la vitesse.

0 X0
 0 Y0
 55 80
 [NXT] 60 R

[←] V0

Déterminez la hauteur.

[→] R
 2 [⇄] [NXT] [NXT] X

[←] Y

```
R: 60_m
4:
3:
2:
1:
V0 VX VY T R ALL
```

```
1: v0: 25,023211967_m/
S
V0 VX VY T R ALL
```

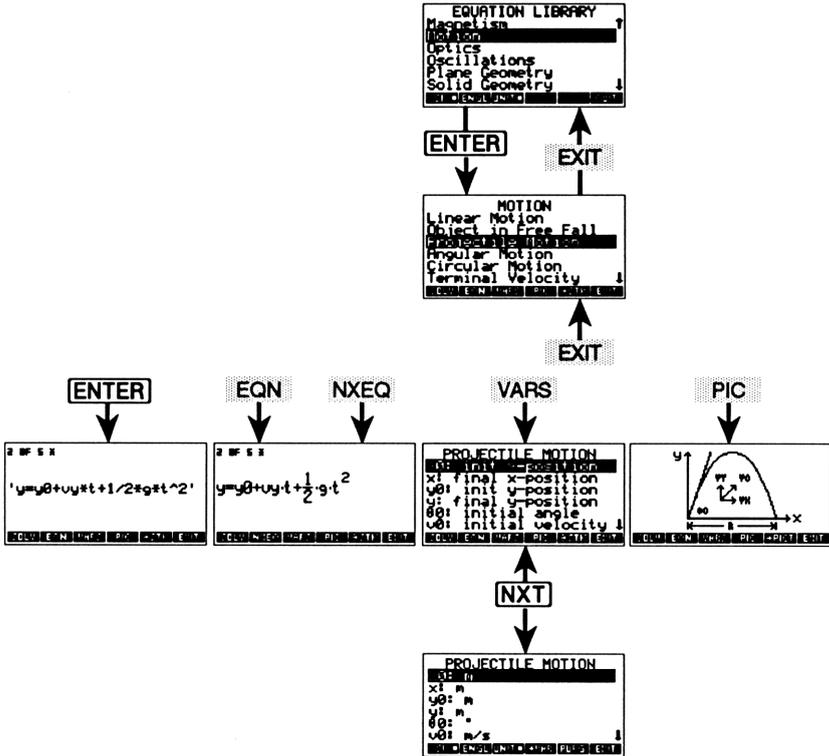
```
x: 30_m
3:
2:
1: v0: 25,023211967_m/
S
R0 R V0 Y 80
```

```
1: y: 21,422220101_m
R0 R V0 Y 80
```

Cet exemple continue plus loin, dans ce chapitre.

Pour en savoir plus au sujet des jeux d'équations

Lorsque vous choisissez un sujet et un titre dans la bibliothèque d'équations, vous choisissez en fait un jeu contenant une ou plusieurs équations. Le diagramme suivant montre comment obtenir des renseignements relatifs aux équations.



Examen des équations

Toutes les équations ont une *présentation pour l'affichage* — certaines équations ont aussi une *présentation pour le calcul*. La présentation pour l'affichage affiche l'équation dans sa forme de base — telle que vous la liriez dans un livre. La présentation pour le calcul présente quelques particularités nécessaires au calcul. Si l'équation possède une présentation pour le calcul, un * apparaît dans le coin supérieur gauche de son affichage.

Opérations pour l'examen des équations

Touche	Action	Exemple
EQN NXEQ	Montre la forme d'affichage de l'équation en cours ou de l'équation suivante en format EquationWriter.	$B = \frac{\mu\theta \cdot \mu r \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$
[ENTER]	Montre la forme d'affichage de l'équation en cours ou de l'équation suivante sous forme d'objet algébrique. [ENTER] ou ▼ montre l'équation suivante, ▲ montre l'équation précédente.	'B=($\mu\theta \cdot \mu r \cdot I$)/($2 \cdot \pi \cdot r$)'
→STK	Montre les formes de calcul en plaçant une liste contenant le jeu d'équations en cours dans la pile.	'B=IFTE(r<rw, CONST($\mu\theta$)* $\mu r \cdot I$ *r/($2 \cdot \pi \cdot r w^2$), CONST($\mu\theta$)* $\mu r \cdot I$ /($2 \cdot \pi \cdot r$))'

Exemple : examen d'équations. Examiner les équations de la loi de Hooke (*Hooke's Law*) comprises dans la rubrique Force et énergie (*Forces and Energy*).

← [LIBRARY]

EQLIB

EQNLI

▼ ▼ ▼

[ENTER]

▼ ▼ ▼

```

EQUATION LIBRARY
Columns and Beams
Electricity
Fluids
Forces and Energy
Gases
Heat Transfer ↓
31 ENGL UNIT QUIT
```

```

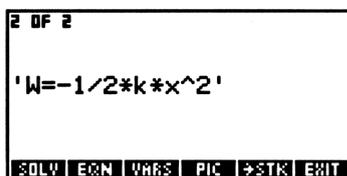
FORCES AND ENERGY
Linear Mechanics
Angular Mechanics
Centripetal Force
Hooke's Law
ID Elastic Collisions
Drag Force ↓
SOLV EQN VARS PIC →STK EXIT
```

ENTER



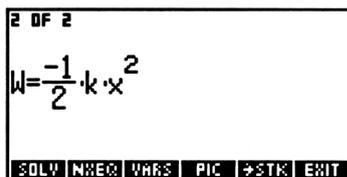
1 OF 2
'F=-k*x'
SOLV EQN VARS PIC →STR EXIT

▼



2 OF 2
'W=-1/2*k*x^2'
SOLV EQN VARS PIC →STR EXIT

EQN



2 OF 2
 $W = -\frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$
SOLV INEQ VARS PIC →STR EXIT

Cet exemple continue plus loin, dans ce chapitre.

Examen des variables et choix des unités

Opérations dans les catalogues des variables

Touche	Action
NXT	Permet de passer alternativement du catalogue des descriptions au catalogue des unités.
SI ENG	Choissent respectivement les unités SI ou anglo-saxonnes.
UNITS	Permet de passer alternativement des unités utilisées aux unités non utilisées.

Opérations dans les catalogues des variables (suite)

Touche	Action
\rightarrow VAR	Crée ou change toutes les variables d'équations pour obtenir le type et l'usage des unités indiquées.
PURG	Détruit toutes les variables des équations pour ce titre dans le répertoire en cours.

Pour de plus amples informations relatives aux effets des unités, veuillez vous reporter au paragraphe intitulé « Choix des unités » plus loin dans ce chapitre.

Exemple : examen des variables. Cet exemple est la suite du précédent.

VAR

```

      HOOKE'S LAW
k: spring constant
x: displacement
F: spring force
W: work

SOLV EQN VARS PIC  $\rightarrow$ STR EXIT
    
```

NXT

```

      HOOKE'S LAW
k: N/m
x: cm
F: N
W: J

SI ENGL UNIT  $\rightarrow$ VAR PURG EXIT
    
```

ENGL

```

      HOOKE'S LAW
k: lbf/in
x: in
F: lbf
W: ft#lbf

SI ENGL UNIT  $\rightarrow$ VAR PURG EXIT
    
```

SI NXT

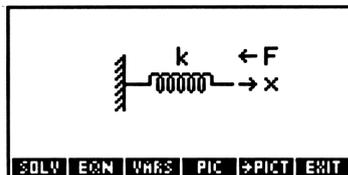
Cet exemple continue plus loin, dans ce chapitre.

Examen de la figure

Pour examiner la figure (si le titre en a une), appuyez sur **PIC**. Lorsque la figure est affichée, vous pouvez appuyer sur **→PICT** pour la stocker dans *PICT*, la mémoire graphique.

Exemple : examen de la figure. Cet exemple est la suite du précédent.

PIC



ATTN

Utilisation de l'algorithme de résolution

Lorsque vous choisissez une rubrique et un titre dans la bibliothèque d'équations, vous choisissez un jeu contenant une ou plusieurs équations. Puis, lorsque vous appuyez sur **SOLV**, vous quittez les catalogues de la bibliothèque d'équations et lancez la résolution des équations que vous avez choisies.

Lorsque vous appuyez sur **SOLV** dans la bibliothèque d'équations, l'application lance la procédure suivante :

- Le jeu d'équations est stockée dans la variable appropriée : *EQ* dans le cas d'une équation, *EQ* et *Mpar* dans le cas de plusieurs équations. (*Mpar* est un nom de variable réservée utilisée par l'algorithme de résolution d'un système d'équations).
- Chaque variable est créée et prend la valeur zéro — mais seulement si elle n'existe pas déjà.
- Les unités de chaque variable sont définies selon les conditions que vous avez spécifiées — SI ou unités anglo- saxonnes, et unités utilisées ou non — *sauf si* la variable existe déjà et à des unités dont les dimensions sont *cohérentes* avec celles que vous avez spécifiées.

- L'algorithme de résolution approprié est lancé : l'application HP Solve pour une équation, ou l'algorithme de résolution d'un système d'équations s'il y en a plusieurs (les équations de chaque jeu sont décrites au chapitre 3).

Puisque EQ et $Mpar$ sont des variables, vous pouvez avoir un jeu d'équations différent pour chaque répertoire en mémoire.

Retour à l'algorithme de résolution

Si vous passez à d'autres menus lors de l'utilisation de l'algorithme de résolution, vous pouvez retrouver le processus de résolution là où vous l'avez quitté :

- Pour retrouver l'application HP Solve, exécutez SOLVR (→ [SOLVE]).
- Pour l'algorithme de résolution d'un système d'équations, exécutez MSOLVR (← [LIBRARY] EQLIB MSOL ou ← [LIBRARY] MES MSOL).

Pour interrompre le processus de résolution, appuyez sur [ATTN].

Etape 1 : Introduction des valeurs connues

Pour introduire une valeur connue pour une variable, tapez cette valeur et appuyez sur la touche correspondant à cette variable.

Par exemple, tapez 12.34 [X0] pour introduire 12,34 unités comme valeur de x_0 .

- Si vous introduisez un nombre *sans unité*, la *valeur* de la variable est définie comme le nombre et les *unités* en cours sont rattachées si nécessaires.
- Si vous introduisez un nombre *avec unités* (un objet-unité), la *valeur* et les *unités* introduites sont stockées dans la variable. Vous pouvez utiliser cette procédure pour changer les unités de la variable. Vous devez faire très attention que les unités que vous utilisez sont cohérentes avec les unités par défaut de la variable — voir le paragraphe intitulé « Travail avec et sans unité » au chapitre 1.

Pour rappeler une valeur de variable, appuyez sur [→] suivie de sa touche de menu. Par exemple, appuyez sur [→] [X0] pour rappeler la valeur de x_0 .



Remarque

Certaines variables de la bibliothèque d'équations utilisent des unités de mesure « cycliques ». De telles unités se divisent en deux types : unités « angulaires » (degrés, radians et grades) et unités exprimant une « rotation » (cycles et révolutions, comme les Hz et t/min). Comme ces unités sont toutes primaires (sans équation aux dimensions), le HP 48 ne peut passer correctement *d'un type à l'autre*, même s'il effectue correctement les conversions dans *un même* type. Si vous introduisez un objet unité pour une variable avec des unités « cycliques », vous devez utiliser des unités du même type comme unités par défaut pour cette variable (« angulaire » ou de « rotation »). Par exemple, n'essayez pas de mélanger des radians/s et des t/min.

Etapes 2 : Fourniture d'estimations (optionnelle)

Vous pouvez fournir des estimations délibérées pour une variable que vous souhaitez résoudre. Cela peut accélérer le processus de résolution ou mettre en lumière une solution possible parmi d'autres, comme dans le cas d'équations impliquant des expressions trigonométriques ou des polynômes. *Vous pouvez ainsi réduire la possibilité de trouver une solution indésirable en fournissant des estimations pour des variables lorsqu'il y a plusieurs solutions possibles.*

Vous pouvez fournir une estimation ou une liste de deux ou trois estimations. Le détecteur de racines du HP 48 utilise l'estimation pour définir où il doit chercher initialement une solution — pour de plus amples informations, veuillez vous reporter au chapitre intitulé « L'application HP Solve » dans le *Manuel d'utilisation du HP 48*.

Pour fournir *deux* ou *trois* estimations (une plage) pour une variable, l'une d'elles *doit* inclure des unités cohérentes avec les unités par défaut pour cette variable s'il y en a.



Remarque

Si vous utilisez l'algorithme de résolution d'un système d'équation, le libellé du menu vire au noir lorsque vous stockez une estimation. Vous *devez* indiquer qu'il s'agit d'une *estimation*, et non d'une *valeur connue* à l'aide de l'une des manières suivantes :

- Résolez seulement cette variable en appuyant sur suivie de la touche de menu correspondant à la variable.
- Faites passer la touche de menu en blanc en appuyant sur la touche de menu de cette variable et sur (sur la dernière page du menu).

Etape 3 : Détermination de la solution

Pour déterminer la valeur d'une variable, appuyez sur suivie de la touche de menu correspondant à cette variable. Si vous utilisez l'algorithme de résolution d'un système d'équations, vous pouvez déterminer la valeur de toutes les variables restantes que vous n'avez pas définies comme « valeurs connues » en appuyant sur .

Par exemple, appuyez sur pour déterminer la valeur de x_0 .

Si nécessaire, l'algorithme de résolution traite automatiquement la valeur en cours d'une variable comme une estimation pour déterminer la valeur réelle de cette variable. Initialement, toutes les variables créées par la bibliothèque d'équations ont une valeur nulle (avec les unités appropriées). Si une variable existait déjà, ou si sa valeur avait été déterminée lors d'une opération précédente, la variable peut avoir une valeur non nulle.

Veuillez vous reporter aux paragraphes intitulés « Utilisation de l'application HP Solve » et « Utilisation de l'algorithme de résolution d'un système d'équations » plus loin dans ce chapitre.

Exemple : fourniture d'estimations. Cet exemple détermine un angle plus faible pour le problème de projectile exposé précédemment dans ce chapitre.

[→] [CLR]
 (←) [LIBRARY] EQLIB si nécessaire)
 MSOL
 (←) [REVIEW]

```

Projectile Motion
x0: 0_m
x: 30_m
y0: 0_m
y: 21,422220101_m
θ0: 55_°
  
```

θ0 x y0 y θ0

Faites de v_0 une valeur connue (libellé en noir).

[NXT] [→] v0
 v0

```

v0: 25,023211967_m/s
4:
3:
2:
1:
  
```

v0 vx vy T R ALL

(←) { }
 (←) [UNITS] [NXT] [NXT] ANGL
 0 [→] ° [SPC] 45 [ENTER]
 [→] [LAST MENU] [NXT] [NXT]
 80
 (←) [REVIEW]

```

Projectile Motion
x0: 0_m
x: 30_m
y0: 0_m
y: 21,422220101_m
θ0: { 0_° 45 }
  
```

θ0 x y0 y θ0

(←) 80

```

1: θ0: 35,0000000003_°
  
```

θ0 x y0 y θ0

Cet exemple continue plus loin, dans ce chapitre.

Utilisation de l'application HP Solve

La bibliothèque d'équations lance l'application HP Solve si le jeu d'équations en contient une seule.

Le *Manuel d'utilisation du HP 48* décrit la manière d'utiliser l'application HP Solve — veuillez vous reporter au chapitre intitulé « L'application HP Solve » de ce manuel pour obtenir de plus amples détails sur la détermination des solutions, la fourniture d'estimations et l'interprétation des résultats.

Veillez vous reporter au paragraphe intitulé « Résolution séquentielle de problèmes » et les sujets traités *plus loin dans ce chapitre* pour de plus amples informations.

Utilisation de l'algorithme de résolution d'un système d'équations

La bibliothèque d'équations lance l'algorithme de résolution d'un système d'équations si le jeu d'équations en contient plusieurs.

Vous pouvez obtenir d'autres informations au sujet de l'algorithme de résolution d'un système d'équation au chapitre 7.

Contrôle des variables

Puisque qu'une solution met en oeuvre plusieurs équations et plusieurs variables, l'algorithme de résolution d'un système d'équations doit garder une trace des variables définies par l'utilisateur et de celles qui ne le sont pas — celles qu'il peut changer et celles qu'il ne peut pas.

Interprétation du menu. Les libellés des menus indiquent l'état des variables. Ils sont automatiquement modifiés lorsque vous stockez des valeurs et lorsque vous déterminez la valeur des variables. Vous pouvez vérifier l'état des variables lorsque vous fournissez des estimations et lorsque vous déterminez des solutions.

Signification des couleurs des libellés des menus

Libellé	Signification
	Valeur de x_0 non définie par vous-même — elle peut changer lors de la prochaine solution.
	Valeur de x_0 définie par vous-même — elle ne peut changer lors de la prochaine solution (sauf si vous ne déterminez que la valeur de cette seule variable).

De plus, ■ dans les libellés des menus ($\boxed{X0}$ ■ ou $\boxed{X0}$ ■) indique les variables qui ont été utilisées dans la dernière solution — leurs valeurs sont mutuellement compatibles. Les valeurs des autres variables peuvent *ne pas être compatibles* parce qu'elles n'ont pas été impliquées lors du calcul de la dernière solution.

Modification de la couleur des libellés et de l'état des variables. Pour que la valeur d'une variable devienne définie par l'utilisateur (libellé du menu en noir), appuyez sur \square , puis sur la touche de menu de la variable, et enfin sur \boxed{MUSE} — ou rappelez et stockez sa valeur ($\boxed{\rightarrow} \boxed{X0} \boxed{X0}$). (\boxed{MUSE} et \boxed{MCAL} sont à la dernière page du menu de l'algorithme de résolution).

Pour qu'une variable ne soit pas définie (libellé du menu en blanc), appuyez sur \square , puis sur la touche de menu de la variable, et enfin sur \boxed{MCAL} — valeur « calculée ». Vous pouvez modifier *toutes* les variables afin qu'elles ne soient pas définies par l'utilisateur en appuyant sur \boxed{ALL} .

Pour modifier l'état de plusieurs variables, appuyez sur $\boxed{\leftarrow} \boxed{\{ \}$, puis sur chaque touche correspondant à la variable, sur \boxed{ENTER} , et enfin sur \boxed{MUSE} ou \boxed{MCAL} .

Si vous utilisez \boxed{STO} pour introduire la valeur d'une variable, son état ne change pas, les unités par défaut ne sont pas reliées à la valeur, et la relation établie par le ■ devient invalide.

Interprétation des résultats

L'algorithme de résolution d'un système d'équations détermine la valeur des variables en recherchant de manière répétitive dans le jeu d'équations celle qui contient seulement une « inconnue » (variable non définie par l'utilisateur et non déterminée par cet algorithme pendant la résolution) — puis il utilise le détecteur de racines du HP 48 pour trouver cette valeur. Il continue à éliminer des « inconnues » jusqu'à ce qu'il arrive à la variable que vous avez spécifiée — ou jusqu'à ce qu'il ne puisse plus déterminer la valeur d'aucune autre variable. A chaque fois que l'algorithme de résolution d'un système d'équations lance la détermination de la valeur d'une variable, seules les variables ayant un libellé de menu en noir sont considérées comme « connues ».

Vérification du processus. Pendant le processus de résolution, l'algorithme de résolution d'un système d'équations montre la variable qu'il est en train de traiter. Il montre aussi le type de racine trouvée par le détecteur de racines du HP 48 (zéro, signes opposés, ou extremum) — ou le problème si aucune racine n'est trouvée (mauvaises estimations ou constante). Pour de plus amples informations relatives au détecteur de racines, veuillez vous reporter au chapitre intitulé « L'application HP Solve » dans le *Manuel d'utilisation du HP 48*.

Les messages suivants indiquent les erreurs selon la nature du problème :

- **Bad Guess(es).** Les unités peuvent manquer ou être incohérentes pour une variable. Dans une liste d'estimations, au moins un élément de la liste doit avoir des unités cohérentes.
- **Too Many Unknowns.** L'algorithme de résolution n'a vraisemblablement rencontré que des équations ayant au moins deux inconnues. Selon la nature de votre problème, introduisez d'autres valeurs connues, ou modifiez le jeu d'équations. Voir le paragraphe intitulé « Modification des équations » plus loin dans ce chapitre.
- **Constant?** La valeur initiale d'une variable peut conduire le détecteur de racines dans la mauvaise direction. Essayez une estimation dans le sens opposé à partir de la valeur critique — si les valeurs négatives ont une signification, essayez-en une.

Vérification des solutions. Si certaines solutions semblent incorrectes, vérifiez les points suivants :

- **Mauvaises unités.** Une variable connue ou calculée peut avoir des unités différentes de celles que vous supposiez.
- **Pas d'unités.** Si vous n'avez pas spécifié d'unités, vos unités implicites peuvent être incorrectes. Voir le paragraphe intitulé « Choix des unités » plus loin dans ce chapitre.
- **Racines multiples.** Une équation peut avoir plusieurs racines et l'algorithme de résolution peut avoir trouvé une racine non appropriée. Donnez une estimation de la variable afin d'orienter la recherche vers la plage appropriée.
- **Etat des variables incorrect.** Une variable connue ou inconnue peut ne pas avoir l'état approprié. Une variable connue doit avoir un libellé de menu en noir et une variable inconnue doit avoir un libellé en blanc.

- **Incohérences.** Si vous introduisez des valeurs mathématiquement incohérentes pour les équations, l'application peut donner des résultats qui satisfont *certaines* équations, mais pas *toutes*. Ce cas est aussi celui dans lequel vous introduisez des valeurs pour un plus grand nombre de variables qu'il n'est nécessaire pour définir un problème physiquement réalisable — les valeurs en excédent peuvent créer un problème impossible ou illogique (la solution satisfait seulement les équations utilisées par l'algorithme de résolution).
- **Variable non impliquée.** Une variable peut ne pas être impliquée dans la solution (pas de ■ dans son libellé de menu), de sorte qu'elle n'est pas compatible avec les variables qui *ont été* impliquées.
- **Mauvaise direction.** Voir le message `Constant ?` expliqué précédemment.

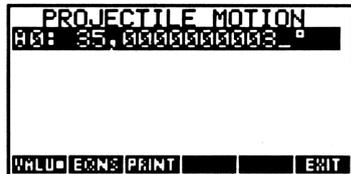
Vérification du processus. L'algorithme de résolution d'un système d'équations fournit un « catalogue de progression » qui décrit la séquence du dernier processus de résolution. Pour examiner ce catalogue, appuyez sur `ALL`.

Opérations dans le catalogue de progression

Touche	Action
<code>VALU</code> ■	Montre les valeurs trouvées.
<code>EQN</code> ■	Montre les équations utilisées.
<code>PRINT</code>	Imprime le catalogue de progression.

Exemple: Catalogue de progression. Cet exemple est la suite du précédent.

`NXT`
`ALL`



EQNS
ENTER

PROJECTILE MOTION
θ0: 'R=v0^2/CONST(g)*S
IN(2*θ0)'

ENTER EXIT

Cet exemple continue plus loin, dans ce chapitre.

Modification du problème

Vous pouvez souhaiter occasionnellement résoudre à nouveau un problème en utilisant des conditions connues différentes. Vérifiez que toutes les variables « connues » ont un libellé de menu en noir et que toutes variables « connues » ont un libellé en blanc — *sauf*, si vous ne souhaitez déterminer la valeur que d'une seule variable où dans ce cas son état n'a pas d'importance. Modifiez l'état des variables si nécessaire — voir le paragraphe intitulé « Contrôle des variables » précédemment dans ce chapitre.

Utilisation de l'application HP Solve avec un système d'équations

Après avoir lancé l'algorithme de résolution d'un système d'équations, vous pouvez lancer l'application HP Solve ( **SOLVE**) pour travailler avec le jeu d'équations déjà stocké dans *EQ*. Cela vous permet de résoudre une équation à la fois et de vérifier la solution en évaluant les membres gauche et droit de l'équation.

Choix des unités

Chaque jeu d'équations possède deux types d'unités par défaut : SI et anglo-saxonnes. Vous pouvez choisir l'un ou l'autre de ces types. Vous pouvez aussi choisir de ne pas utiliser d'unités. Pour certains jeux d'équations qui utilisent des constantes issues de la bibliothèque des constantes, le type d'unités détermine la valeur numérique de ces constantes — aussi le type d'unités peut avoir de l'importance même si vous n'utilisez pas d'unités (voir le paragraphe intitulé « Travail avec ou sans unités » au chapitre 1).

Si vous souhaitez modifier vos choix d'unités *après* avoir lancé l'algorithme de résolution — si des variables existent déjà avec des unités différentes (mais cohérentes) — le seul changement du choix d'unités n'est pas suffisant. Vous devez imposer votre nouveau choix. Vous pouvez utiliser la commande \rightarrow VAR dans le catalogue d'unités de la bibliothèque d'équations. Cela crée ou modifie les variables des équations de telle sorte qu'elles présentent les unités correspondant à votre nouveau choix — unités SI ou anglo-saxonnes, et qu'elles utilisent ou non des unités.



Remarque

Si vous choisissez de ne pas utiliser d'unités, vos résultats pour de nombreux jeux d'équations peuvent sembler incorrects pour les raisons suivantes :

- Les unités implicites pour toutes les valeurs — y compris celles des valeurs issues de la bibliothèque des constantes — doivent se combiner et s'annuler correctement.
- Les unités implicites de température doivent être le degré Kelvin ou Rankin dans la plupart des cas.
- Les unités angulaires implicites doivent correspondre au mode angulaire en cours.

Exemple : changement d'unités. Cet exemple est la suite du précédent.

← [REVIEW]

```

Projectile Motion
v0: 25,023211967_m/s
vx: 0_m/s
vy: 0_m/s
t: 2,09019545283_s
R: 60_m
ALL
v0 [ ] vx [ ] vy [ ] t [ ] R [ ] ALL
    
```

← [LIBRARY] EQLIB EQNLI

Ⓜ M ▼ [ENTER]

▼ ▼

VARs [NXT]

```

PROJECTILE MOTION
x0: m
x: m
y0: m
y: m
θ0: °
v0: m/s
SI [ ] ENGL UNIT [ ] VAR PURG [ ] EXIT
    
```

Définit les unités SI (SI []) et les unités non utilisées (UNITS).

UNIT []

→VAR

```

PROJECTILE MOTION
x0: -
x: -
y0: -
y: -
θ0: -
v0: -
SI [ ] ENGL UNITS [ ] VAR PURG [ ] EXIT
    
```

[ATTN]

→ [LAST MENU]

← [REVIEW]

```

Projectile Motion
v0: 25,023211967
vx: 0
vy: 0
t: 2,09019545283
R: 60
ALL
v0 [ ] vx [ ] vy [ ] t [ ] R [ ] ALL
    
```

Utilisation des commandes de la bibliothèque d'équations

Commandes de la bibliothèque d'équations

Touche	Commande programmable	Description
EQNLI	EQNLIB	Lance la bibliothèque d'équations. Elle n'affecte pas la pile.
SOLVE	SOLVEQN	Configure et lance l'algorithme de résolution approprié pour le jeu d'équations spécifié en contournant les catalogues de la bibliothèque d'équation. Elle définit <i>EQ</i> (et <i>Mpar</i> pour un système d'équation), le choix des unités selon les indicateurs binaires 60 et 61, et lance l'algorithme de résolution approprié. Elle utilise les numéros de sujet et de titre (aux niveaux 3 et 2) et une option « PICT » (au niveau 1), et ne renvoie rien. (Les numéros de rubrique et de titre sont donnés au chapitre 3. Si l'option « PICT » est égale à 0, <i>PICT</i> n'est pas affecté — autrement, l'illustration de l'équation est copiée dans <i>PICT</i> .)
MSOL	MSOLVR	Affiche le menu des variables de l'algorithme de résolution pour le jeu d'équations défini par <i>Mpar</i> . Cette commande n'affecte pas la pile.

Exemple : programme SOLVEQN. Choisissez le titre « Conduction + Convection » sous la rubrique « Heat Transfer » (Thermodynamique-sujet 6, titre 5) du menu personnalisé.

« 60 CF 61 CF 6 5 0 SOLVEQN »

[➔] [CLR]

[⬅] [LIBRARY] EQLIB

|1: |
|ERNLI SOLVE M3QL |

[⬅] [« »]

60 [SPC] CF [SPC] 61 [SPC] CF [SPC]

6 [SPC] 5 [SPC] 0 SOLVE

[ENTER]

|1: « 60 CF 61 CF 6 5 0
SOLVEQN » |
|ERNLI SOLVE M3QL |

[] CNC [STO]

|1: |
|ERNLI SOLVE M3QL |

[⬅] [{}]

[➔] [C] [C] [C] [C] CNC

[ENTER]

[➔] [MODES] MENU

|1: |
|C+C |

Description des équations

La bibliothèque d'équations se compose de 15 rubriques et de plus de 100 titres. Chaque rubrique et chaque titre possède un numéro que vous pouvez utiliser avec la commande SOLVEQN pour spécifier le jeu d'équations — ils sont indiqués entre parenthèses après les titres.

Veillez vous reporter à l'annexe C pour les références données pour chaque rubrique. Consultez ces références ou d'autres ouvrages pour déterminer les conditions préalables et les limitations de ces équations.

Colonnes et poutres (*Columns and Beams : 1*)

Noms de variables et descriptions

ϵ	Décentrage (décalage) de la charge
σ_{cr}	Contrainte critique
σ_{max}	Contrainte maximale
Θ	Pente au point x
A	Section transversale
a	Distance par rapport au point d'application de la charge
c	Distance par rapport au bord (Colonnes excentriques), ou Distance par rapport au moment appliqué (poutres)
E	Coefficient d'élasticité

Noms de variables et descriptions (suite)

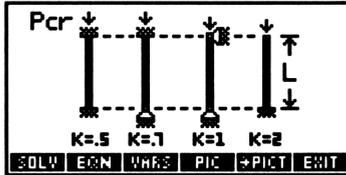
I	Moment d'inertie
K	Coefficient de longueur utile d'une colonne
L	Longueur d'une colonne ou d'une poutre
M	Moment appliqué
M_x	Moment de flexion interne au point x
P	Charge (Colonnes excentriques), ou Charge ponctuelle (poutres)
P_{cr}	Charge critique
r	Rayon de giration
V	Effort de cisaillement au point x
w	Charge répartie
x	Distance le long de la poutre
y	Flexion au point x

Pour des poutres simplement supportées et en porte-à-faux (« Flexion simple » à « Cisaillement par porte-à-faux »), les calculs varient selon la position de x par rapport aux charges. Les charges appliquées sont positives vers le bas, le moment appliqué est positif dans le sens trigonométrique, la flexion est positive vers le haut, la pente est positive dans le sens trigonométrique, le moment de flexion interne est positif dans le sens trigonométrique à la gauche du point d'application de la charge, et l'effort de cisaillement est positif vers le bas à la gauche du point d'application de la charge.

Référence : 2.

Déformation élastique (Elastic Buckling : 1, 1)

Ces équations s'appliquent à une colonne mince ($K \cdot L / r > 100$) avec un coefficient de longueur K .



Equations :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\left(\frac{K \cdot L}{r}\right)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K \cdot L)^2}$$

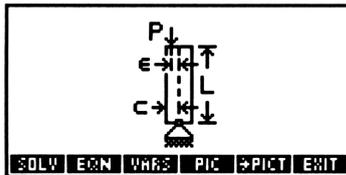
$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Exemple : connaissant $L = 7,3152$ m, $r = 4,1148$ cm, $E = 199947961,502$ kPa, $A = 53,0967$ cm², $K = 0,7$, $I = 8990598,7930$ mm⁴, on trouve $P_{cr} = 676,6019$ kN, $\sigma_{cr} = 127428,2444$ kPa.

Colonnes excentriques (Eccentric Columns : 1, 2)

Voir « Déformation élastique ».



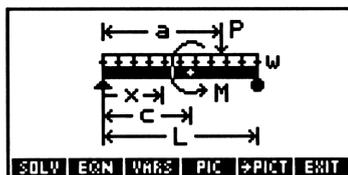
Equations :

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} \cdot \left(1 + \frac{\varepsilon \cdot c}{r^2} \cdot \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{K \cdot L}{2 \cdot r} \cdot \sqrt{\frac{P}{E \cdot A}}\right)} \right) \right)$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Exemple : connaissant $L=6,6542$ m, $A=187,9351$ cm², $r=8,4836$ cm, $E=206842718,795$ kPa, $I=135259652,16$ mm⁴, $K=1$, $P=1908,2571$ kN, $c=15,24$ cm, $\epsilon=1,1806$ cm, $c=15,24$ cm, on trouve $\sigma_{max}=140853,0970$ kPa.

Flexion simple (Simple Deflection : 1, 3)

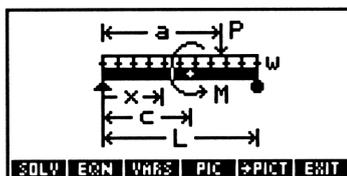


Equation :

$$y = \frac{P \cdot (L - a) \cdot x}{6 \cdot L \cdot E \cdot I} \cdot (x^2 + (L - a)^2 - L^2) - \frac{M \cdot x}{E \cdot I} \cdot \left(c - \frac{x^2}{6 \cdot L} - \frac{L}{3} - \frac{c^2}{2 \cdot L} \right) - \frac{w \cdot x}{24 \cdot E \cdot I} \cdot (L^3 + x^2 \cdot (x - 2 \cdot L))$$

Exemple : connaissant $L=20$ ft, $E=29000000$ psi, $I=40$ in⁴, $a=10$ ft, $P=674,427$ lbf, $c=17$ ft, $M=3687,81$ ft*lbf, $w=102,783$ lbf/ft, $x=9$ ft, on trouve $y=-,6005$ in.

Pente simple (Simple Slope : 1, 4)

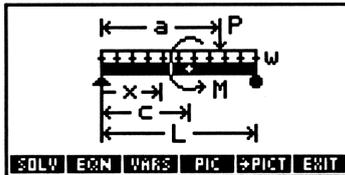


Equation :

$$\Theta = \frac{P \cdot (L - a)}{6 \cdot L \cdot E \cdot I} \cdot (3 \cdot x^2 + (L - a)^2 - L^2) - \frac{M}{E \cdot I} \cdot \left(c - \frac{x^2}{2 \cdot L} - \frac{L}{3} - \frac{c^2}{2 \cdot L} \right) - \frac{w}{24 \cdot E \cdot I} \cdot (L^3 + x^2 \cdot (4 \cdot x - 6 \cdot L))$$

Exemple : connaissant $L=20$ _ft, $E=29000000$ _psi, $I=40$ _in⁴, $a=10$ _ft, $P=674,427$ _lbf, $c=17$ _ft, $M=3687,81$ _ft*lbf, $w=102,783$ _lbf/ft, $x=9$ _ft, on trouve $\Theta = - ,0876$ _°.

Moment simple (Simple Moment : 1, 5)

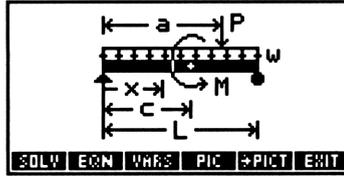


Equation :

$$M_x = \frac{P \cdot (L - a) \cdot x}{L} + \frac{M \cdot x}{L} + \frac{w \cdot x}{2} \cdot (L - x)$$

Exemple : connaissant $L=20$ _ft, $a=10$ _ft, $P=674,427$ _lbf, $c=17$ _ft, $M=3687,81$ _ft*lbf, $w=102,783$ _lbf/ft, $x=9$ _ft, on trouve $M_x=9782,1945$ _ft*lbf.

Cisaillement simple (Simple Shear : 1, 6)

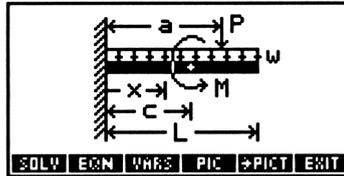


Equation :

$$V = \frac{P \cdot (L - a)}{L} + \frac{M}{L} + \frac{w}{2} \cdot (L - 2 \cdot x)$$

Exemple : connaissant $L = 20$ ft, $a = 10$ ft, $P = 674,427$ lbf, $M = 3687,81$ ft·lbf, $w = 102,783$ lbf/ft, $x = 9$ ft, on trouve $\bar{V} = 624,387$ lbf.

Flexion d'un porte-à-faux (Cantilever Deflection : 1, 7)

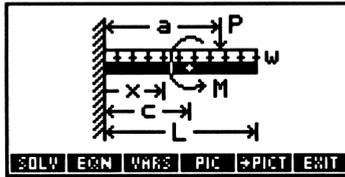


Equation :

$$y = \frac{P \cdot x^2}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (x - 3 \cdot a) + \frac{M \cdot x^2}{2 \cdot E \cdot I} - \frac{w \cdot x^2}{24 \cdot E \cdot I} \cdot (6 \cdot L^2 - 4 \cdot L \cdot x + x^2)$$

Exemple : connaissant $L = 10$ ft, $E = 29000000$ psi, $I = 15$ in⁴, $P = 500$ lbf, $M = 800$ ft·lbf, $a = 3$ ft, $c = 6$ ft, $w = 100$ lbf/ft, $x = 8$ ft, on trouve $y = -,3316$ in.

Pente d'un porte-à-faux (Cantilever Slope : 1, 8)

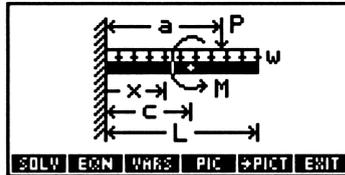


Equation :

$$\theta = \frac{P \cdot x}{2 \cdot E \cdot I} \cdot (x - 2 \cdot a) + \frac{M \cdot x}{E \cdot I} - \frac{w \cdot x}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (3 \cdot L^2 - 3 \cdot L \cdot x + x^2)$$

Exemple : connaissant $L = 10$ _ft, $E = 29000000$ _psi, $I = 15$ _in⁴,
 $P = 500$ _lbf, $M = 800$ _ft·lbf, $a = 3$ _ft, $c = 6$ _ft, $w = 100$ _lbf/ft, $x = 8$ _ft, on
trouve $\theta = - ,2652$ °.

Moment d'un porte-à-faux (Cantilever Moment : 1, 9)

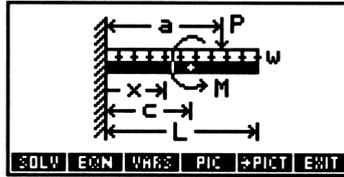


Equation :

$$M_x = P \cdot (x - a) + M - \frac{w}{2} \cdot (L^2 - 2 \cdot L \cdot x + x^2)$$

Exemple : connaissant $L = 10$ _ft, $P = 500$ _lbf, $M = 800$ _ft·lbf, $a = 3$ _ft,
 $c = 6$ _ft, $w = 100$ _lbf/ft, $x = 8$ _ft, on trouve $M_x = -200$ _ft·lbf.

Cisaillement d'un porte-à-faux (*Cantilever Shear : 1, 10*)



Equation :

$$V = P + w \cdot (L - x)$$

Exemple : connaissant $L = 10$ _ft, $P = 500$ _lbf, $a = 3$ _ft, $x = 8$ _ft, $w = 100$ _lbf/ft, on trouve $V = 200$ _lbf.

Electricité (*Electricity : 2*)

Noms de variables et descriptions

ϵr	Permittivité relative
μr	Perméabilité relative
ω	Pulsation
$\omega 0$	Pulsation à la résonance
ϕ	Phase
$\phi p, \phi s$	Phases parallèle et série
ρ	Résistivité
ΔI	Variation du courant
Δt	Variation du temps
ΔV	Variation de tension

Noms de variables et descriptions (suite)

A	Section transversale d'un fil (Résistance d'un fil), ou D'un solénoïde (Inductance d'un solénoïde), ou Surface des armatures (Condensateur plan)
$C, C1, C2$	Capacité
Cp, Cs	Capacités parallèle et série
d	Espace entre les armatures
E	Energie
F	Force s'exerçant entre les charges
f	Fréquence
$f0$	Fréquence de résonance
I	Courant ou Courant total (Diviseur de courant)
$I1$	Courant dans R1
I_{max}	Courant maximal
L	Inductance, ou Longueur (Résistance d'un fil, Condensateur cylindrique)
$L1, L2$	Inductance
Lp, Ls	Inductances parallèle et série
N	Nombre de spires
n	Nombre de spires par unité de longueur
P	Puissance
q	Charge
$q1, q2$	Charge ponctuelle
Qp, Qs	Facteurs de qualité parallèle et série
r	Distance entre charges
$R, R1, R2$	Résistance
ri, ro	Rayon intérieur et extérieur
Rp, Rs	Résistances parallèle et série

Noms de variables et descriptions (suite)

t	Temps
t_i, t_f	Instant initial et final
V	Tension, ou Tension totale (Diviseur de tension)
V_1	Tension aux bornes de R1
V_i, V_f	Tensions initiale et finale
V_{max}	Tension maximale
X_C	Réactance d'un condensateur
X_L	Réactance d'une bobine

Référence : 3.

Loi de Coulomb (*Coulomb's Law : 2, 1*)

Cette équation décrit la force électrostatique s'appliquant entre deux particules électriquement chargées.

Equation :

$$F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} \cdot \left(\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \right)$$

Exemple : connaissant $q_1 = 1,6E-19_C$, $q_2 = 1,6E-19_C$,
 $r = 4,00E-13_cm$, $\epsilon_r = 1,00$, on trouve $F = 14,3801_N$.

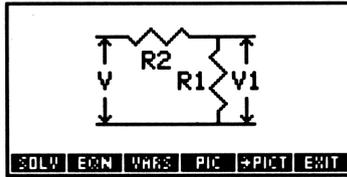
Loi d'Ohm et puissance (*Ohm's Law and Power : 2, 2*)

Equations :

$$V = I \cdot R \qquad P = V \cdot I \qquad P = I^2 \cdot R \qquad P = \frac{V^2}{R}$$

Exemple : connaissant $V = 24_V$, $I = 16_A$, on trouve $R = 1,5_Ω$,
 $P = 384_W$.

Diviseur de tension (Voltage Divider : 2, 3)

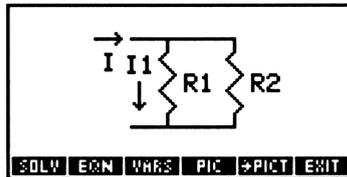


Equation :

$$V1 = V \cdot \left(\frac{R1}{R1 + R2} \right)$$

Exemple : connaissant $R1 = 40 \text{ } \Omega$, $R2 = 10 \text{ } \Omega$, $V = 100 \text{ V}$, on trouve $V1 = 80 \text{ V}$.

Diviseur de courant (Current Divider : 2, 4)



Equation :

$$I1 = I \cdot \left(\frac{R2}{R1 + R2} \right)$$

Exemple : connaissant $R1 = 10 \text{ } \Omega$, $R2 = 6 \text{ } \Omega$, $I = 15 \text{ A}$, on trouve $I1 = 5,6250 \text{ A}$.

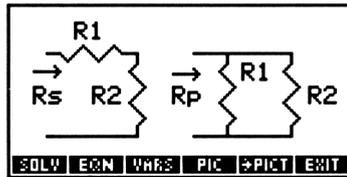
Résistance d'un fil (Wire Resistance : 2, 5)

Equation :

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Exemple : connaissant $\rho = ,0035 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$, $L = 50 \text{ } \text{cm}$, $A = 1 \text{ } \text{cm}^2$, on trouve $R = 0,175 \text{ } \Omega$.

R série et parallèle (Series and Parallel R : 2, 6)



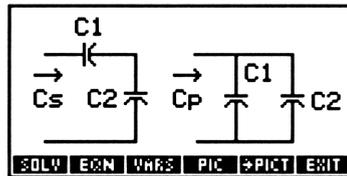
Equations :

$$R_s = R_1 + R_2$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Exemple : connaissant $R_1 = 2 \text{ } \Omega$, $R_2 = 3 \text{ } \Omega$, on trouve $R_s = 5 \text{ } \Omega$, $R_p = 1,2000 \text{ } \Omega$.

C série et parallèle (Series and Parallel C : 2, 7)



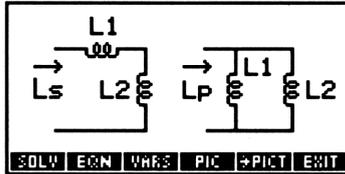
Equations :

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C_p = C_1 + C_2$$

Exemple : connaissant $C1=2\text{ }\mu\text{F}$, $C2=3\text{ }\mu\text{F}$, on trouve $Cs=1,2000\text{ }\mu\text{F}$, $Cp=5\text{ }\mu\text{F}$.

L série et parallèle (Series and Parallel L : 2, 8)



Equations :

$$Ls = L1 + L2$$

$$\frac{1}{Lp} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2}$$

Exemple : connaissant $L1=17\text{ mH}$, $L2=16,5\text{ mH}$, on trouve $Ls=33,5000\text{ mH}$, $Lp=8,3731\text{ mH}$.

Energie dans une capacité (Capacitive Energy : 2, 9)

Equation :

$$E = \frac{C \cdot V^2}{2}$$

Exemple : connaissant $E=,025\text{ J}$, $C=20\text{ }\mu\text{F}$, on trouve $V=50\text{ V}$.

Energie dans une inductance (Inductive Energy : 2, 10)

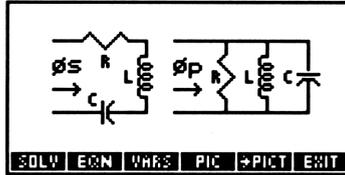
Equation :

$$E = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

Exemple : connaissant $E=4\text{ J}$, $L=15\text{ mH}$, on trouve $I=23,0940\text{ A}$.

Retard du courant dans un circuit RLC (RLC Current Delay : 2, 11)

La phase (angle) est positive pour le courant en retard sur la tension.



Equations :

$$\text{TAN}(\phi_S) = \frac{XL - XC}{R}$$

$$\text{TAN}(\phi_P) = \frac{\frac{1}{XC} - \frac{1}{XL}}{\frac{1}{R}}$$

$$XC = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$XL = \omega \cdot L$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Exemple : connaissant $f=107$ Hz, $C=80$ μ F, $L=20$ mH, $R=5$ Ω , on trouve $\omega=672,3008$ r/s, $\phi_S = -45,8292$ $^\circ$, $\phi_P = -5,8772$ $^\circ$, $XC=18,5929$ Ω , $XL=13,4460$ Ω .

Courant continu dans un condensateur (DC Capacitor Current : 2, 12)

Ces équations déterminent le courant continu nécessaire pour modifier la tension aux bornes d'un condensateur dans un certain laps de temps.

Equations :

$$I = C \cdot \left(\frac{\Delta V}{\Delta t} \right)$$

$$\Delta V = Vf - Vi$$

$$\Delta t = tf - ti$$

Exemple : connaissant $C=15$ μ F, $Vi=2,3$ V, $Vf=3,2$ V, $I=10$ A, $ti=0$ s, on trouve $\Delta V=,9000$ V, $\Delta t=1,3500$ μ s, $tf=1,3500$ μ s.

Charge d'un condensateur (Capacitor Charge : 2, 13)

Equation :

$$q = C \cdot V$$

Exemple : connaissant $C = 20 \text{ } \mu\text{F}$, $V = 100 \text{ } \text{V}$, on trouve $q = 0,0020 \text{ } \text{C}$.

Tension continue dans une inductance (DC Inductor Voltage : 2, 14)

Ces équations déterminent la tension continue induite aux bornes d'une inductance par une variation de courant dans un certain laps de temps.

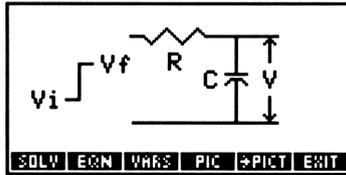
Equations :

$$V = -L \cdot \left(\frac{\Delta I}{\Delta t} \right) \qquad \Delta I = I_f - I_i$$

$$\Delta t = t_f - t_i$$

Exemple : connaissant $L = 100 \text{ } \text{mH}$, $V = 52 \text{ } \text{V}$, $\Delta t = 32 \text{ } \mu\text{s}$, $I_i = 23 \text{ } \text{A}$, $t_i = 0 \text{ } \text{s}$, on trouve $\Delta I = -0,0166 \text{ } \text{A}$, $I_f = 22,9834 \text{ } \text{A}$, $t_f = 32 \text{ } \mu\text{s}$.

Réponse à un transitoire d'un circuit RC (RC Transient : 2, 15)

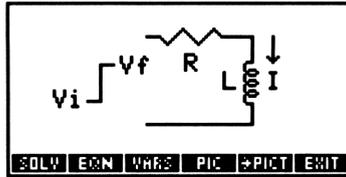


Equation :

$$V = V_f - (V_f - V_i) \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$$

Exemple : connaissant $V_i = 0 \text{ } \text{V}$, $C = 50 \text{ } \mu\text{F}$, $V_f = 10 \text{ } \text{V}$, $R = 100 \text{ } \Omega$, $t = 2 \text{ } \text{ms}$, on trouve $V = 3,2968 \text{ } \text{V}$.

Réponse à un transitoire RL (*RL Transient : 2, 16*)



Equation :

$$I = \frac{1}{R} \cdot \left(V_f - (V_f - V_i) \cdot e^{-\frac{t \cdot R}{L}} \right)$$

Exemple : connaissant $V_i = 0 \text{ V}$, $V_f = 5 \text{ V}$, $R = 50 \text{ }\Omega$, $L = 50 \text{ mH}$, $t = 75 \text{ }\mu\text{s}$, on trouve $I = 0,0072 \text{ A}$.

Fréquence de résonance (*Resonant Frequency : 2, 17*)

Equations :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

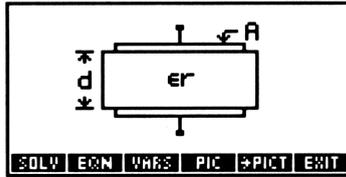
$$Q_s = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$Q_p = R \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0$$

Exemple : connaissant $L = 500 \text{ mH}$, $C = 8 \text{ }\mu\text{F}$, $R = 10 \text{ }\Omega$, on trouve $\omega_0 = 500 \text{ r/s}$, $Q_s = 25,0000$, $Q_p = 0,0400$, $f_0 = 79,5775 \text{ Hz}$.

Condensateur plan (*Plate Capacitor : 2, 18*)

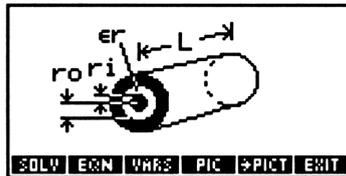


Equation :

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d}$$

Exemple : connaissant $C = 25 \mu\text{F}$, $\epsilon_r = 2,26$, $A = 1 \text{ cm}^2$, on trouve $d = 8,0042\text{E}-9 \text{ cm}$.

Condensateur cylindrique (*Cylindrical Capacitor : 2, 19*)

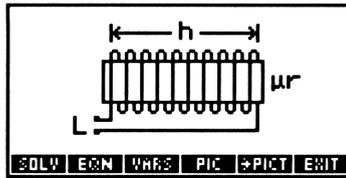


Equation :

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot L}{\text{LN} \left(\frac{ro}{ri} \right)}$$

Exemple : connaissant $\epsilon_r = 1$, $ro = 1 \text{ cm}$, $ri = ,999 \text{ cm}$, $L = 10 \text{ cm}$, on trouve $C = 0,0056 \mu\text{F}$.

Inductance d'un solénoïde (Solenoid Inductance : 2, 20)

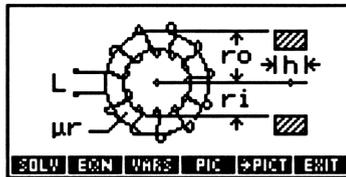


Equation :

$$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2 \cdot A \cdot h$$

Exemple : connaissant $\mu_r = 2,5$, $n = 40$ /cm, $A = 2$ cm², $h = 3$ cm, on trouve $L = 0,0302$ mH.

Inductance d'un tore (Toroid Inductance : 2, 21)



Equation :

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot h}{2 \cdot \pi} \cdot \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)$$

Exemple : connaissant $\mu_r = 1$, $N = 5000$, $h = 2$ cm, $r_i = 2$ cm, $r_o = 4$ cm, on trouve $L = 69,3147$ mH.

Tension sinusoïdale (*Sinusoidal Voltage* : 2, 22)

Equations :

$$V = V_{max} \cdot \text{SIN}(\omega \cdot t + \phi) \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Exemple : connaissant $V_{max}=110_V$, $t=30_μs$, $f=60_Hz$, $\phi=15_°$, on trouve $\omega=376,9911_r/s$, $V=29,6699_V$.

Courant sinusoïdal (*Sinusoidal Current* : 2, 23)

Equations :

$$I = I_{max} \cdot \text{SIN}(\omega \cdot t + \phi) \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Exemple : connaissant $t=32_s$, $I_{max}=10_A$, $\omega=636_r/s$, $\phi=30_°$, on trouve $I=9,5983_A$, $f=101,2225_Hz$.

Mécanique des fluides (*Fluids* : 3)

Noms de variables et descriptions

ϵ	Rugosité
μ	Viscosité dynamique
ρ	Densité
ΔP	Variation de pression
Δy	Variation de hauteur
ΣK	Coefficients d'ajustement totaux
A	Section transversale
$A1, A2$	Sections transversales initiale et finale
D	Diamètre
$D1, D2$	Diamètres initial et final
h	Profondeur par rapport à la profondeur de référence P_0

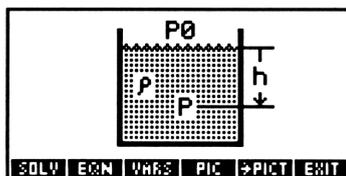
Noms de variables et descriptions (suite)

hL	Pertes de charge
L	Longueur
M	Débit massique
n	Viscosité cinématique
P	Pression à la profondeur h
$P0$	Pression de référence
$P1,P2$	Pression initiale et finale
Q	Débit volumétrique
Re	Nombre de Reynolds
$v1,v2$	Vitesses initiale et finale
$vavg$	Vitesse moyenne
W	Puissance à l'entrée
$y1,y2$	Hauteurs initiale et finale

Références : 3, 6, 9.

Pression à une certaine profondeur (*Pressure at Depth : 3, 1*)

Cette équation exprime la pression hydrostatique d'un fluide incompressible. La profondeur h est positive vers le bas à partir de la référence.



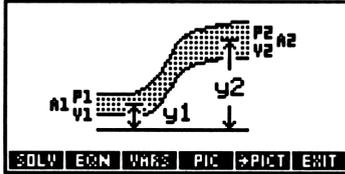
Equation :

$$P = P0 + \rho \cdot g \cdot h$$

Exemple : connaissant $h = 100_m$, $\rho = 1025,1817_kg/m^3$, $P0 = 1_atm$, on trouve $P = 1106,6848_kPa$.

Equations de Bernoulli (Bernoulli Equations : 3, 2)

Ces équations expriment l'écoulement continu d'un fluide incompressible.



Equations :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g \cdot \Delta y = 0$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v_2^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right)}{2} + g \cdot \Delta y = 0$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v_1^2 \cdot \left(\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right)}{2} + g \cdot \Delta y = 0$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$Q = A_2 \cdot v_2$$

$$A_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4}$$

$$\Delta y = y_2 - y_1$$

$$Q = A_1 \cdot v_1$$

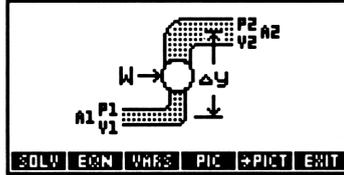
$$A_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4}$$

$$M = \rho \cdot Q$$

Exemple : connaissant $P_2=25_psi$, $P_1=75_psi$, $y_2=35_ft$, $y_1=0_ft$,
 $D_2=24_in$, $D_1=18_in$, $\rho=64_lb/ft^3$, $v_1=100_ft/s$, on trouve
 $Q=23075,8762_ft^3/min$, $M=1476856,0769_lb/min$, $v_2=122,4213_ft/s$,
 $A_2=452,3893_in^2$, $A_1=254,4690_in^2$, $\Delta P=-50_psi$, $\Delta y=35_ft$.

Écoulement avec pertes (Flow with Losses : 3, 3)

Ces équations étendent celle de Bernoulli pour tenir compte de la puissance d'entrée (ou de sortie) et de la perte de charge.



Equations :

$$M \cdot \left(\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g \cdot \Delta y + hL \right) = W$$

$$M \cdot \left(\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v_2^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right)}{2} + g \cdot \Delta y + hL \right) = W$$

$$M \cdot \left(\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v_1^2 \cdot \left(\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right)}{2} + g \cdot \Delta y + hL \right) = W$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$Q = A_2 \cdot v_2$$

$$A_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4}$$

$$\Delta y = y_2 - y_1$$

$$Q = A_1 \cdot v_1$$

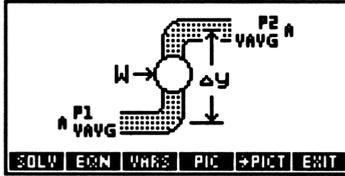
$$A_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4}$$

$$M = \rho \cdot Q$$

Exemple : connaissant $P_2=30$ psi, $P_1=65$ psi, $y_2=100$ ft, $y_1=0$ ft, $\rho=64$ lb/ft³, $D_1=24$ in, $D_2=18$ in, $hL=2,0$ ft²/s², $W=25$ hp, $v_1=100$ ft/s, on trouve $Q=36,1018$ ft³/min, $M=2310,5165$ lb/min, $\Delta P=-35$ psi, $\Delta y=100$ ft, $v_2=3,405$ ft/s, $A_1=452,3893$ in², $A_2=254,4690$ in².

Débit dans un tuyau plein (Flow in Full Pipes : 3, 4)

Ces équations adaptent celle de Bernoulli pour un tuyau plein de section ronde, et pour tenir compte de la puissance d'entrée (ou de sortie) et des pertes par friction. (Voir la fonction « FANNING » au chapitre 8.)



Equations :

$$\rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot v_{avg} \cdot \left(\frac{\Delta P}{\rho} + g \cdot \Delta y + v_{avg}^2 \cdot \left(2 \cdot f \cdot \left(\frac{L}{D} \right) + \frac{\Sigma K}{2} \right) \right) = W$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$Q = A \cdot v_{avg}$$

$$Re = \frac{D \cdot v_{avg} \cdot \rho}{\mu}$$

$$\Delta y = y_2 - y_1$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$n = \frac{\mu}{\rho}$$

$$M = \rho \cdot Q$$

Exemple : connaissant $\rho = 62,4 \text{ lb/ft}^3$, $D = 12 \text{ in}$, $v_{avg} = 8 \text{ ft/s}$, $P_2 = 15 \text{ psi}$, $P_1 = 65 \text{ psi}$, $y_2 = 40 \text{ ft}$, $y_1 = 0 \text{ ft}$, $\mu = ,0784 \text{ lbf*s/ft}^2$, $\Sigma K = 2,25$, $\epsilon = 5 \text{ in}$, $L = 250 \text{ ft}$, on trouve $\Delta P = -50 \text{ psi}$, $\Delta y = 40 \text{ ft}$, $A = 113,0973 \text{ in}^2$, $n = 0,0404 \text{ ft}^2/\text{s}$, $Q = 376,9911 \text{ ft}^3/\text{min}$, $M = 23524,2458 \text{ lb/min}$, $W = 5,1778 \text{ hp}$, $Re = 197,9032$.

Forces et énergie (*Forces and Energy* : 4)

Noms de variables et descriptions

α	Accélération angulaire
ω	Vitesse angulaire
ω_i, ω_f	Vitesses angulaires initiale et finale
ρ	Densité du fluide
τ	Couple
Θ	Déplacement angulaire
a	Accélération
A	Surface projetée par rapport au flux
ar	Accélération centripète à r
at	Accélération tangentielle à r
Cd	Coefficient de résistance
E	Energie
F	Force à r ou au point x , ou Force d'un ressort (Loi de Hooke), ou Force d'attraction (Loi de la gravitation), ou Effort résistant (Effort résistant)
I	Moment d'inertie
k	Constante du ressort
K_i, K_f	Energies cinétiques initiale et finale
m, m_1, m_2	Masse
N	Vitesse de rotation
N_i, N_f	Vitesses de rotation initiale et finale
P	Puissance instantanée
P_{avg}	Puissance moyenne
r	Rayon par rapport à l'axe de rotation, ou Distance entre les deux masses (Loi de la gravitation)

Noms de variables et descriptions (suite)

t	Temps
v	Vitesse
v_f, v_{1f}, v_{2f}	Vitesse finale
v_i, v_{1i}	Vitesse initiale
W	Travail
x	Déplacement

Référence : 3.

Mécanique linéaire (*Linear Mechanics* : 4, 1)

Equations :

$$\begin{array}{llll}
 F = m \cdot a & K_f = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 & W = K_f - K_i & P_{avg} = \frac{W}{t} \\
 K_i = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_i^2 & W = F \cdot x & P = F \cdot v & v_f = v_i + a \cdot t
 \end{array}$$

Exemple : connaissant $t = 10 \text{ s}$, $m = 50 \text{ lb}$, $a = 12,5 \text{ ft/s}^2$, $v_i = 0 \text{ ft/s}$, on trouve $v_f = 125 \text{ ft/s}$, $x = 625 \text{ ft}$, $F = 19,4256 \text{ lbf}$, $K_i = 0 \text{ ft} \cdot \text{lbf}$, $K_f = 12140,9961 \text{ ft} \cdot \text{lbf}$, $W = 12140,9961 \text{ ft} \cdot \text{lbf}$, $P_{avg} = 2,2075 \text{ hp}$.

Mécanique angulaire (*Angular Mechanics* : 4, 2)

Equations :

$$\begin{array}{llll}
 \tau = I \cdot \alpha & W = \tau \cdot \Theta & P_{avg} = \frac{W}{t} & \omega = 2 \cdot \pi \cdot N \\
 K_i = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega_i^2 & W = K_f - K_i & \omega_f = \omega_i + \alpha \cdot t & \omega_i = 2 \cdot \pi \cdot N_i \\
 K_f = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega_f^2 & P = \tau \cdot \omega & at = \alpha \cdot r & \omega_f = 2 \cdot \pi \cdot N_f
 \end{array}$$

Exemple : connaissant $I = 1750 \text{ lb} \cdot \text{in}^2$, $\Theta = 360 \text{ }^\circ$, $r = 3,5 \text{ in}$, $\alpha = 10,5 \text{ r/min}^2$, $\omega_i = 0 \text{ r/s}$, on trouve $\tau = 1,1017\text{E}-3 \text{ ft} \cdot \text{lbf}$, $K_i = 0 \text{ ft} \cdot \text{lbf}$, $W = 6,9221\text{E}-3 \text{ ft} \cdot \text{lbf}$, $K_f = 6,9221\text{E}-3 \text{ ft} \cdot \text{lbf}$, $at = 8,5069\text{E}-4 \text{ ft/s}^2$, $N_i = 0 \text{ rpm}$, $\omega_f = 11,4868 \text{ r/min}$, $t = 1,0940 \text{ min}$, $N_f = 1,8282 \text{ rpm}$, $P_{avg} = 1,9174\text{E}-7 \text{ hp}$.

Force centripète (Centripetal Force : 4, 3)

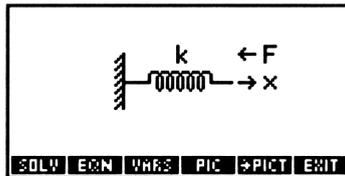
Equations :

$$F = m \cdot \omega^2 \cdot r \qquad \omega = \frac{v}{r} \qquad ar = \frac{v^2}{r} \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot N$$

Exemple : connaissant $m = 1$ kg, $r = 5$ cm, $N = 2000$ Hz, on trouve $\omega = 12566,3706$ r/s, $ar = 7895683,5209$ m/s, $F = 7895683,5209$ N, $v = 628,3185$ m/s.

Loi de Hooke (Hooke's Law : 4, 4)

La force est celle exercée par le ressort.

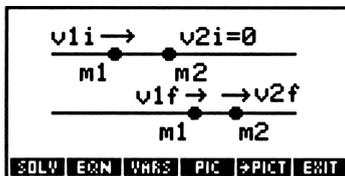


Equations :

$$F = -k \cdot x \qquad W = \frac{-1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

Exemple : connaissant $k = 1725$ lbf/in, $x = 1,25$ in, on trouve $F = -2156,25$ lbf, $W = -112,3047$ ft*lbf.

Collisions élastiques selon une dimension (1D Elastic Collisions : 4, 5)



Equations :

$$v1f = \frac{m1 - m2}{m1 + m2} \cdot v1i$$

$$v2f = \frac{2 \cdot m1}{m1 + m2} \cdot v1i$$

Exemple : connaissant $m1=10_kg$, $m2=25_kg$, $v1i=100_m/s$, on trouve $v1f=-42,8571_m/s$, $v2f=57,1429_m/s$.

Effort résistant (Drag Force : 4, 6)

Equation :

$$F = Cd \cdot \left(\frac{\rho \cdot v^2}{2} \right) \cdot A$$

Exemple : connaissant $Cd=.05$, $\rho=1000_kg/m^3$, $A=7,5E6_cm^2$, $v=35_m/s$, on trouve $F=22968750_N$.

Loi de la gravitation (Law of Gravitation : 4, 7)

Equation :

$$F = G \cdot \left(\frac{m1 \cdot m2}{r^2} \right)$$

Exemple : connaissant $m1=2E15_kg$, $m2=2E18_kg$, $r=1000000_km$, on trouve $F=266903,6_N$.

Relation masse-énergie (Mass-Energy Relation : 4, 8)

Equation :

$$E = m \cdot c^2$$

Exemple : connaissant $m=9,1E-31_kg$, on trouve $E=8,1787E-14_J$.

Gaz (Gases : 5)

Noms de variables et descriptions

λ	Trajectoire libre moyenne
ρ	Densité du flux
ρ_0	Densité de stagnation
A	Section du flux
A_t	Surface de l'embouchure
d	Diamètre moléculaire
k	Rapport de chaleur spécifique
M	Vitesse en Mach
m	Masse
MW	Poids moléculaire
n	Nombre de môtles, ou Constante polytropique (Processus polytropiques)
P	Pression, ou Pression du flux (Flux isentropique)
P_0	Pression de stagnation
P_c	Pression pseudocritique
P_i, P_f	Pression initiale et finale
T	Température, ou Température du flux (Flux isentropique)
T_0	Température de stagnation
T_c	Température pseudocritique
T_i, T_f	Températures initiale et finale
V	Volume
V_i, V_f	Volumes initial et final
v_{rms}	Vitesse efficace
W	Travail

Références : 1, 3.

Loi des gaz parfaits (*Ideal Gas Law : 5, 1*)

Equations :

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$m = n \cdot MW$$

Exemple : connaissant $T = 16,85 \text{ } ^\circ\text{C}$, $P = 1 \text{ atm}$, $V = 25 \text{ l}$,
 $MW = 36 \text{ g/gmol}$, on trouve $n = 1,0506 \text{ gmol}$, $m = 3,7820 \text{ E}-2 \text{ kg}$.

Changement d'état des gaz parfaits (*Ideal Gas State Chg : 5, 2*)

Equation :

$$\frac{P_f \cdot V_f}{T_f} = \frac{P_i \cdot V_i}{T_i}$$

Exemple : connaissant $P_i = 1,5 \text{ kPa}$, $P_f = 1,5 \text{ kPa}$, $V_i = 2 \text{ l}$, $T_i = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$,
 $T_f = 373,15 \text{ K}$, on trouve $V_f = 2 \text{ l}$.

Dilatation isotherme (*Isothermal Expansion : 5, 3*)

Ces équations s'appliquent à un gaz parfait.

Equations :

$$W = n \cdot R \cdot T \cdot \text{LN} \left(\frac{V_f}{V_i} \right) \qquad m = n \cdot MW$$

Exemple : connaissant $V_i = 2 \text{ l}$, $V_f = 125 \text{ l}$, $T = 300 \text{ } ^\circ\text{C}$, $n = 0,25 \text{ gmol}$,
 $MW = 64 \text{ g/gmol}$, on trouve $W = 4926,4942 \text{ J}$, $m = ,016 \text{ kg}$.

Processus polytropiques (*Polytropic Processes : 5, 4*)

Ces équations expriment une variation réversible de la pression ou du volume d'un gaz parfait de telle sorte que $P \cdot V^n$ soit constant. Elles tiennent compte des cas spéciaux des processus isothermes ($n = 1$), des processus isentropiques ($n = k$, le rapport de chaleur spécifique), et des processus à pression constante ($n = 0$).

Equations :

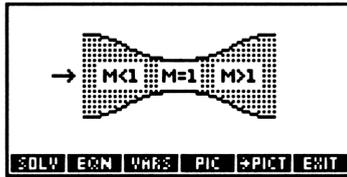
$$\frac{P_f}{P_i} = \left(\frac{V_f}{V_i} \right)^{-n}$$

$$\frac{T_f}{T_i} = \left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

Exemple : connaissant $P_i=15_psi$, $P_f=35_psi$, $V_i=1_ft^3$, $V_f=0,50_ft^3$, $T_i=75_°F$, on trouve $n=1,2224$, $T_f=164,1117_°F$.

Flux isentropique (Isentropic Flow : 5, 5)

Le calcul est différent selon que la vitesse est inférieure ou supérieure à Mach 1. Cette vitesse correspond à celle du son dans le fluide compressible.



Equations :

$$\frac{T}{T_0} = \frac{2}{2 + (k - 1) \cdot M^2}$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{1}{k-1}}$$

$$\frac{P}{P_0} = \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

$$\frac{A}{A_t} = \frac{1}{M} \cdot \left(\frac{2}{k+1} \cdot \left(1 + \frac{k-1}{2} \cdot M^2 \right) \right)^{\frac{k+1}{2 \cdot (k-1)}}$$

Exemple : connaissant $k=2$, $M=,9$, $T_0=26,85_°C$, $T=373,15_K$, $\rho_0=100_kg/m^3$, $P_0=100_kPa$, $A=1_cm^2$, on trouve $P=464,1152_kPa$, $A_t=0,9928_cm^2$, $\rho=215,4333_kg/m^3$.

Loi des gaz réels (*Real Gas Law* : 5, 6)

Ces équations adaptent la loi des gaz parfaits afin de simuler le comportement des gaz réels (Voir la fonction « ZFACTOR » au chapitre 8).

Equations :

$$P \cdot V = n \cdot Z \cdot R \cdot T \qquad m = n \cdot MW$$

Exemple : connaissant $P_c = 48 \text{ atm}$, $T_c = 298 \text{ K}$, $P = 5 \text{ kPa}$, $V = 10 \text{ l}$, $MW = 64 \text{ g/gmol}$, $T = 75 \text{ °C}$, on trouve $n = 0,0173 \text{ gmol}$, $m = 1,1057E-3 \text{ kg}$.

Changement d'état des gaz réels (*Real Gas State Change* : 5, 7)

Cette équation adapte l'équation de changement d'état des gaz parfaits pour simuler le comportement des gaz réels (voir la fonction « ZFACTOR » au chapitre 8).

Equation :

$$\frac{P_f \cdot V_f}{Z_f \cdot T_f} = \frac{P_i \cdot V_i}{Z_i \cdot T_i}$$

Exemple : connaissant $P_c = 48 \text{ atm}$, $P_i = 100 \text{ kPa}$, $P_f = 50 \text{ kPa}$, $T_i = 75 \text{ °C}$, $T_c = 298 \text{ K}$, $V_i = 10 \text{ l}$, $T_f = 250 \text{ °C}$, on trouve $V_f = 30,1703 \text{ l}$.

Théorie cinématique (*Kinetic Theory* : 5, 8)

Ces équations expriment les propriétés d'un gaz parfait.

Equations :

$$P = \frac{n \cdot MW \cdot v_{rms}^2}{3 \cdot V} \qquad \lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \pi \cdot \left(\frac{n \cdot NA}{V} \right) \cdot d^2}$$
$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{MW}} \qquad m = n \cdot MW$$

Exemple : connaissant $P = 100 \text{ kPa}$, $V = 2 \text{ l}$, $T = 26,85 \text{ °C}$, $MW = 18 \text{ g/gmol}$, $d = 2,5 \text{ nm}$, on trouve $v_{rms} = 644,7678 \text{ m/s}$, $m = 1,4433E-3 \text{ kg}$, $n = ,0802 \text{ gmol}$, $\lambda = 1,4916 \text{ nm}$.

Thermodynamique (*Heat Transfer* : 6)

Noms de variables et descriptions

α	Coefficient de dilatation
δ	Allongement
$\lambda 1, \lambda 2$	Limites inférieure et supérieure de longueur d'onde
λ_{max}	Longueur d'onde de puissance maximale d'émission
ΔT	Ecart de température
A	Surface
c	Chaleur spécifique
eb_{12}	Puissance d'émission sur la plage $\lambda 1$ à $\lambda 2$
eb	Puissance totale d'émission
f	Fraction de la puissance d'émission sur la plage $\lambda 1$ à $\lambda 2$
$h, h1, h3$	Coefficient de transfert thermique par convection
$k, k1, k2, k3$	Conductivité thermique
$L, L1, L2, L3$	Longueur
m	Masse
Q	Capacité thermique
q	Vitesse de transfert thermique
T	Température
T_c	Température de surface froide (Conduction), ou Température du fluide froid
T_h	Température de surface chaude, ou Température du fluide chaud (Conduction + Convection)
T_i, T_f	Températures initiale et finale
U	Coefficient de transfert thermique global

Références : 7, 9.

Capacité thermique (Heat Capacity : 6, 1)

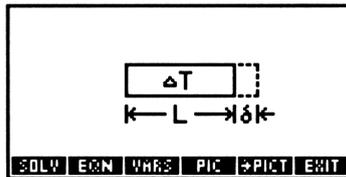
Equations :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

Exemple : connaissant $\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_i = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $m = 10 \text{ kg}$, $Q = 25 \text{ kJ}$, on trouve $T_f = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $c = 1667 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

Dilatation thermique (Thermal Expansion : 6, 2)



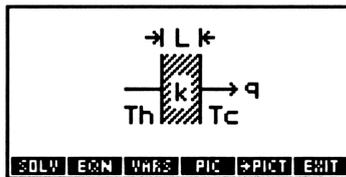
Equations :

$$\delta = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

$$\delta = \alpha \cdot L \cdot (T_f - T_i)$$

Exemple : connaissant $\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $L = 10 \text{ m}$, $T_f = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $\delta = 1 \text{ cm}$, on trouve $T_i = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, $\alpha = 6,6667\text{E}-5 \text{ } 1/^\circ\text{C}$.

Conduction (Conduction : 6, 3)



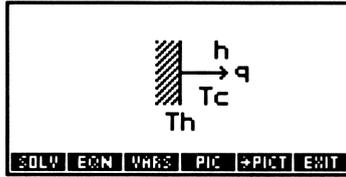
Equations :

$$q = \frac{k \cdot A}{L} \cdot \Delta T$$

$$q = \frac{k \cdot A}{L} \cdot (T_h - T_c)$$

Exemple : connaissant $T_c = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_h = 75 \text{ }^\circ\text{C}$, $A = 12,5 \text{ m}^2$, $L = 1,5 \text{ cm}$, $k = 12 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, on trouve $q = 5000 \text{ W}$, $\Delta T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Convection (Convection : 6, 4)



Equations :

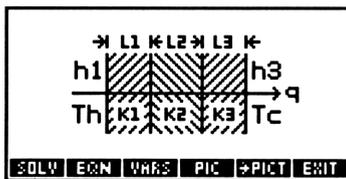
$$q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$q = h \cdot A \cdot (Th - Tc)$$

Exemple : connaissant $Tc = 300 \text{ K}$, $A = 200 \text{ m}^2$, $h = ,005 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $q = 10 \text{ W}$, on trouve $\Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, $Th = 36,8500 \text{ }^\circ\text{C}$.

Conduction + Convection (Conduction + Convection : 6, 5)

Si vous avez moins de trois milieux, donnez aux milieux excédentaires une épaisseur nulle et une conductivité quelconque différente de zéro. Les deux températures sont celles de fluides- -si au lieu de cela vous avez à faire à une température de *surface*, donnez au coefficient de convection correspondant la valeur 10^{499} .



Equations :

$$q = \frac{A \cdot \Delta T}{\frac{1}{h1} + \frac{L1}{k1} + \frac{L2}{k2} + \frac{L3}{k3} + \frac{1}{h3}}$$

$$q = \frac{A \cdot (Th - Tc)}{\frac{1}{h1} + \frac{L1}{k1} + \frac{L2}{k2} + \frac{L3}{k3} + \frac{1}{h3}}$$

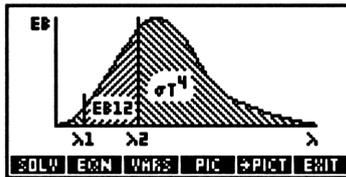
$$U = \frac{q}{A \cdot \Delta T}$$

$$U = \frac{q}{A \cdot (Th - Tc)}$$

Exemple : connaissant $\Delta T = 35 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_h = 55 \text{ }^\circ\text{C}$, $A = 10 \text{ m}^2$,
 $h_1 = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $h_3 = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $L_1 = 3 \text{ cm}$, $L_2 = 5 \text{ cm}$,
 $L_3 = 3 \text{ cm}$, $k_1 = 1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, $k_2 = 5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, $k_3 = 1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, on
trouve $T_c = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $U = 0,0246 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $q = 8,5995 \text{ W}$.

Rayonnement du corps noir (Black Body Radiation : 6, 6)

Voir la fonction « F0λ » au chapitre 8.



Equations :

$$eb = \sigma \cdot T^4$$

$$eb_{12} = f \cdot eb$$

$$q = eb \cdot A$$

$$f = F_{0\lambda}(\lambda_2, T) - F_{0\lambda}(\lambda_1, T)$$

$$\lambda_{max} \cdot T = c_3$$

Exemple : connaissant $T = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$, $\lambda_1 = 1000 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 600 \text{ nm}$,
 $A = 1 \text{ cm}^2$, on trouve $\lambda_{max} = 2276,0523 \text{ nm}$, $eb = 148984,2703 \text{ W}/\text{m}^2$,
 $f = 0,0036$, $eb_{12} = 537,7264 \text{ W}/\text{m}^2$, $q = 14,8984 \text{ W}$.

Magnétisme (*Magnetism : 7*)

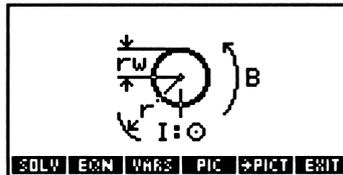
Noms de variables et descriptions

μr	Perméabilité relative
B	Champ magnétique
d	Distance
F_{ba}	Force
I, I_a, I_b	Courant
L	Longueur
N	Nombre total de spires
n	Nombre de spires par unité de longueur
r	Distance par rapport au centre du fil
r_i, r_o	Rayons intérieur et extérieur du tore
r_w	Rayon du fil

Référence : 3.

Fil droit (*Straight Wire : 7, 1*)

Le calcul du champ magnétique est différent selon que le point où il s'applique est à l'intérieur ou à l'extérieur du fil.



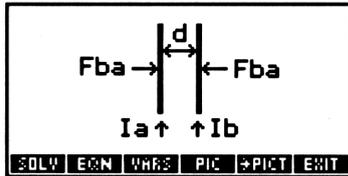
Equation :

$$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu r \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Exemple : connaissant $\mu r = 1$, $r_w = ,25_cm$, $r = ,2_cm$, $I = 25_A$, on trouve $B = 0,0016_T$.

Force s'appliquant entre deux fils (*Force between Wires : 7, 2*)

La force s'appliquant entre les fils est positive pour une force d'attraction (pour des courants ayant le même signe).

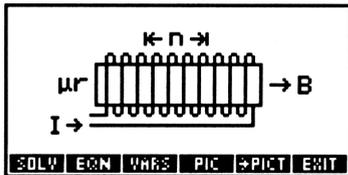


Equation :

$$F_{ba} = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot L \cdot I_b \cdot I_a}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

Exemple : connaissant $I_a = 10_A$, $I_b = 20_A$, $\mu_r = 1$, $L = 50_cm$, $d = 1_cm$, on trouve $F_{ba} = 2,0000E-3_N$.

Champ magnétique dans un solénoïde (*B Field in Solenoid : 7, 3*)

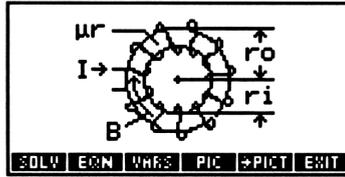


Equation :

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot I \cdot n$$

Exemple : connaissant $\mu_r = 10$, $n = 50$, $I = 1,25_A$, on trouve $B = 0,0785_T$.

Champ magnétique dans un tore (*B Field in Toroid : 7, 4*)



Equation :

$$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu r \cdot I \cdot N}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{2}{ro + ri} \right)$$

Exemple : connaissant $\mu r = 10$, $N = 50$, $ri = 5 \text{ cm}$, $ro = 7 \text{ cm}$, $I = 10 \text{ A}$, on trouve $B = 1,6667E - 2 \text{ T}$.

Mouvement (*Motion : 8*)

Noms de variables et descriptions

α	Accélération angulaire
ω	Vitesse angulaire (Mouvement circulaire), ou Vitesse angulaire à l'instant t (Mouvement angulaire)
ω_0	Vitesse angulaire initiale
ρ	Densité du fluide
θ	Position angulaire à l'instant t
θ_0	Position angulaire initiale (Mouvement angulaire), ou Angle vertical initial (Jet de projectile)
a	Accélération
A	Surface horizontale projetée
ar	Accélération centripète à r
Cd	Coefficient de résistance

Noms de variables et descriptions (suite)

m	Masse
M	Masse de la planète
N	Vitesse de rotation
R	Plage horizontale (Jet d'un projectile), ou Rayon de la planète (Vitesse de libération)
r	Rayon
t	Temps
v	Vitesse à l'instant t (Mouvement linéaire), ou Vitesse tangentielle à r (Mouvement circulaire), ou Vitesse terminale (Vitesse terminale), ou Vitesse de libération (Vitesse de libération)
v_0	Vitesse initiale
v_x	Composante horizontale de la vitesse à l'instant t
v_y	Composante verticale de la vitesse à l'instant t
x	Position horizontale à l'instant t
x_0	Position horizontale initiale
y	Position verticale à l'instant t
y_0	Position verticale initiale

Référence : 3.

Mouvement linéaire (*Linear Motion* : 8, 1)

Equations :

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$x = x_0 + \frac{1}{2} \cdot (v_0 + v) \cdot t$$

$$x = x_0 + v \cdot t - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Exemple : connaissant $x_0=0$ _m, $x=100$ _m, $t=10$ _s, $v_0=1$ _m/s, on trouve $v=19$ _m/s, $a=1,8$ _m/s².

Objet en chute libre (*Object in Free Fall : 8, 2*)

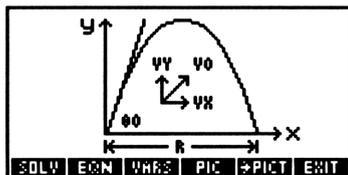
Equations :

$$y = y_0 + v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \qquad v^2 = v_0^2 - 2 \cdot g \cdot (y - y_0)$$

$$y = y_0 + v \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \qquad v = v_0 - g \cdot t$$

Exemple : connaissant $y_0 = 1000 \text{ _ft}$, $y = 0 \text{ _ft}$, $v_0 = 0 \text{ _ft/s}$, on trouve $t = 7,8843 \text{ _s}$, $v = -253,6991 \text{ _ft/s}$.

Jet de projectile (*Projectile Motion : 8, 3*)



Equations :

$$x = x_0 + v_0 \cdot \cos(\theta_0) \cdot t \qquad v_x = v_0 \cdot \cos(\theta_0)$$

$$y = y_0 + v_0 \cdot \sin(\theta_0) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \qquad v_y = v_0 \cdot \sin(\theta_0) - g \cdot t$$

$$R = \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin(2 \cdot \theta_0)$$

Exemple : connaissant $x_0 = 0 \text{ _ft}$, $y_0 = 0 \text{ _ft}$, $\theta_0 = 45 \text{ }^\circ$, $v_0 = 200 \text{ _ft/s}$, $t = 10 \text{ _s}$, on trouve $R = 1243,2399 \text{ _ft}$, $v_x = 141,4214 \text{ _ft/s}$, $v_y = -180,3186 \text{ _ft/s}$, $x = 1414,2136 \text{ _ft}$, $y = -194,4864 \text{ _ft}$.

Mouvement angulaire (*Angular Motion : 8, 4*)

Equations :

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot t^2 \qquad \theta = \theta_0 + \frac{1}{2} \cdot (\omega_0 + \omega) \cdot t$$

$$\theta = \theta_0 + \omega \cdot t - \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot t^2 \qquad \omega = \omega_0 + \alpha \cdot t$$

Exemple : connaissant $\Theta=0^\circ$, $\omega=0$ r/min, $\alpha=1,5$ r/min², $t=30$ s, on trouve $\Theta=10,7430^\circ$, $\omega=,7500$ r/min.

Mouvement circulaire (Circular Motion : 8, 5)

Equations :

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$ar = \frac{v^2}{r}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot N$$

Exemple : connaissant $r=25$ in, $v=2500$ ft/s, on trouve $\omega=72000$ r/min, $ar=3000000$ ft/s², $N=11459,1559$ rpm.

Vitesse terminale (Terminal Velocity : 8, 6)

Equation :

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{Cd \cdot \rho \cdot A}}$$

Exemple : connaissant $Cd=,15$, $\rho=,025$ lb/ft³, $A=100000$ in², $m=1250$ lb, on trouve $v=1757,4709$ ft/s.

Vitesse de libération (Escape Velocity : 8, 7)

Equation :

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}}$$

Exemple : connaissant $M=1,5E23$ lb, $R=5000$ mi, on trouve $v=3485,1106$ ft/s.

Optique (*Optics : 9*)

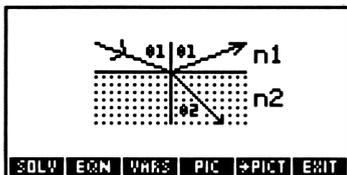
Noms de variables et descriptions

θ_1	Angle d'incidence
θ_2	Angle de réfraction
θ_B	Angle de Brewster
θ_c	Angle critique
f	Distance focale
m	Grossissement
n, n_1, n_2	Indice de réfraction
r, r_1, r_2	Rayon de courbure
u	Distance à l'objet
v	Distance à l'image

Pour les problèmes de réflexion et de réfraction, la distance focale et le rayon de courbure sont positifs dans le sens de la lumière sortante (réfléchi ou réfracté). La distance à l'objet est positive à partir de la surface de la lentille. La distance à l'image est positive dans le sens de la lumière sortante (réfléchi ou réfracté). Le grossissement est positif pour une image droite.

Référence : 3.

Loi de la réfraction (*Law of Refraction : 9, 1*)

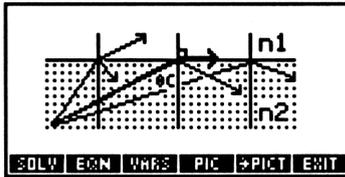


Equation :

$$n1 \cdot \text{SIN}(\theta1) = n2 \cdot \text{SIN}(\theta2)$$

Exemple : connaissant $n1=1, n2=1,333, \theta1=45^\circ$, on trouve $\theta2=32,0367^\circ$.

Angle critique (Critical Angle : 9, 2)



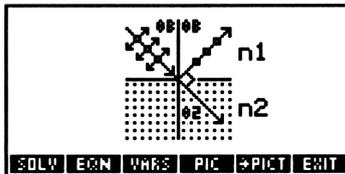
Equation :

$$\text{SIN}(\theta_c) = \frac{n1}{n2}$$

Exemple : connaissant $n1=1, n2=1,5$, on trouve $\theta_c=41,8103^\circ$.

Loi de Brewster (Brewster's Law : 9, 3)

L'angle de Brewster est l'angle de la lumière incidente pour lequel la lumière réfléchie est totalement polarisée.



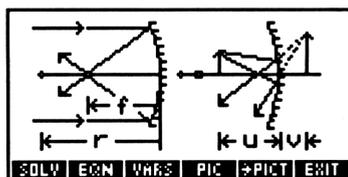
Equations :

$$\text{TAN}(\theta_B) = \frac{n2}{n1}$$

$$\theta_B + \theta_2 = 90$$

Exemple : connaissant $n1=1, n2=1,5$, on trouve $\theta_B=56,3099^\circ, \theta_2=33,6901^\circ$.

Réflexion sphérique (Spherical Reflection : 9, 4)



Equations :

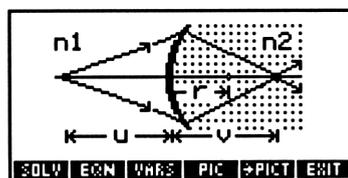
$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{2} \cdot r$$

$$m = \frac{-v}{u}$$

Exemple : connaissant $u = 10$ _cm, $v = 300$ _cm, $r = 19,35$ _cm, on trouve $m = -30, f = 9,6774$ _cm.

Réfraction sphérique (Spherical Refraction : 9, 5)



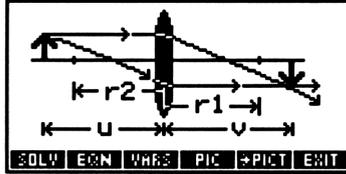
Equation :

$$\frac{n1}{u} + \frac{n2}{v} = \frac{n2 - n1}{r}$$

Exemple : connaissant $u = 8$ _cm, $v = 12$ _cm, $r = 2$ _cm, $n1 = 1$, on trouve $n2 = 1,5000$.

Lentille mince (*Thin Lens* : 9, 6)

$r1$ correspond au rayon de courbure de la surface avant de la lentille, et $r2$ à celui de sa surface arrière.



Equations :

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{r1} - \frac{1}{r2} \right)$$

$$m = \frac{-v}{u}$$

Exemple : connaissant $r1 = 5$ _cm, $r2 = 20$ _cm, $n = 1,5$, $u = 50$ _cm, on trouve $f = 13,3333$ _cm, $v = 18,1818$ _cm, $m = -0,3636$.

Oscillations (*Oscillations* : 10)

Noms de variables et descriptions

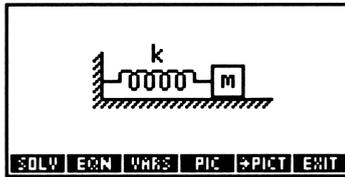
ω	Pulsation
ϕ	Phase
Θ	Angle du cône
a	Accélération à l'instant t
f	Fréquence
G	Module d'élasticité au cisaillement
h	Hauteur du cône
I	Moment d'inertie
J	Moment polaire d'inertie
k	Constante du ressort

Noms de variables et descriptions (suite)

L	Longueur du pendule
m	Masse
t	Temps
T	Période
v	Vitesse à l'instant t
x	Déplacement à l'instant t
xm	Amplitude du déplacement

Référence : 3.

Système masse-ressort (Mass-Spring System : 10, 1)



Equations :

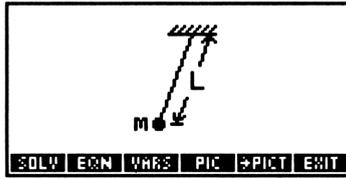
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Exemple : connaissant $k=20_N/m$, $m=5_kg$, on trouve $\omega=2_r/s$,
 $T=3,1416_s$, $f=0,3183_Hz$.

Pendule simple (Simple Pendulum : 10, 2)



Equations :

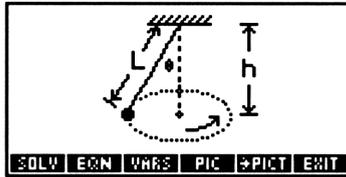
$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Exemple : connaissant $L = 15$ _cm, on trouve $\omega = 8,0856$ _r/s, $T = ,7771$ _s, $f = 1,2869$ _Hz.

Pendule conique (Conical Pendulum : 10, 3)



Equations :

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{h}}$$

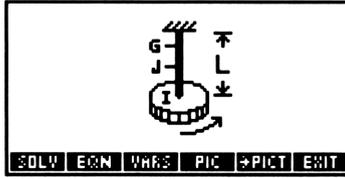
$$h = L \cdot \cos(\theta)$$

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Exemple : connaissant $L = 25$ _cm, $h = 20$ _cm, on trouve $\theta = 36,899$ _°, $T = ,8973$ _s, $\omega = 7,0024$ _r/s, $f = 1,1145$ _Hz.

Pendule de torsion (*Torsional Pendulum : 10, 4*)



Equations :

$$\omega = \sqrt{\frac{G \cdot J}{L \cdot I}}$$

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Exemple : connaissant $G=1000$ kPa, $J=17$ mm⁴, $L=26$ cm, $I=50$ kg*m², on trouve $\omega=1,1435E-3$ r/s, $f=1,8200E-4$ Hz, $T=5494,4862$ s.

Harmonique simple (*Simple Harmonic : 10, 5*)

Equations :

$$x = x_m \cdot \text{COS}(\omega \cdot t + \phi)$$

$$a = -\omega^2 \cdot x_m \cdot \text{COS}(\omega \cdot t + \phi)$$

$$v = -\omega \cdot x_m \cdot \text{SIN}(\omega \cdot t + \phi)$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Exemple : connaissant $x_m=10$ cm, $\omega=15$ r/s, $\phi=25$ °, $t=25$ μs, on trouve $x=9,0615$ cm, $v=-0,6344$ m/s, $a=-20,3884$ m/s², $f=2,3873$ Hz.

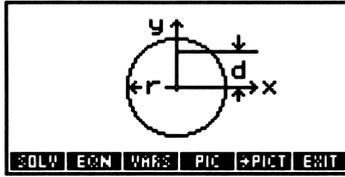
Géométrie plane (*Plane Geometry : 11*)

Noms de variables et descriptions

β	Angle au centre d'un polygone
Θ	Sommet d'un polygone
A	Surface
b	Longueur de la base (Rectangle, Triangle), ou Longueur du demi-axe dans la direction de x (Ellipse)
C	Circonférence
d	Distance à l'axe de rotation dans la direction y
h	Hauteur (Rectangle, Triangle), ou Longueur du demi-axe dans la direction de y (Ellipse)
I, I_x	Moment d'inertie par rapport à l'axe x
I_d	Moment d'inertie dans la direction x à d
I_y	Moment d'inertie par rapport à l'axe y
J	Moment polaire d'inertie au centre de gravité
L	Longueur des cotés d'un polygone régulier
n	Nombre de cotés
P	Périmètre
r	Rayon
r_i, r_o	Rayons intérieur et extérieur
r_s	Distance au coté du polygone
r_v	Distance au sommet du polygone
v	Distance horizontale au sommet du polygone

Référence : 4.

Cercle (Circle : 11, 1)



Equations :

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$I = \frac{\pi \cdot r^4}{4}$$

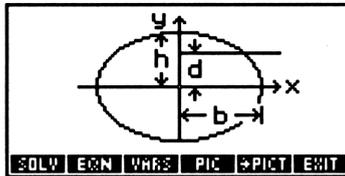
$$J = \frac{\pi \cdot r^4}{2}$$

$$Id = I + A \cdot d^2$$

$$C = 2 \cdot \pi \cdot r$$

Exemple : connaissant $r=5$ _cm, $d=1,5$ _cm, on trouve $C=31,4159$ _cm, $A=78,5398$ _cm², $I=4908738,5$ _mm⁴, $J=9817477,0$ _mm⁴, $Id=6675884,4$ _mm⁴.

Ellipse (Ellipse : 11, 2)



Equations :

$$A = \pi \cdot b \cdot h$$

$$I = \frac{\pi \cdot b \cdot h^3}{4}$$

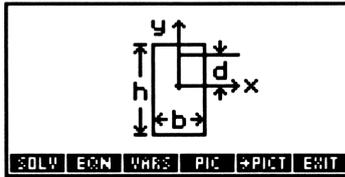
$$J = \frac{\pi \cdot b \cdot h}{4} \cdot (b^2 + h^2)$$

$$C = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{b^2 + h^2}{2}}$$

$$Id = I + A \cdot d^2$$

Exemple : connaissant $b=17,85$ _μm, $h=78,9725$ _μin, $d=,00000012$ _ft, on trouve $A=1,1249E-6$ _cm², $C=7,9805E-3$ _cm, $I=1,1315E-10$ _mm⁴, $J=9,0733E-9$ _mm⁴, $Id=1,1330E-10$ _mm⁴.

Rectangle (Rectangle : 11, 3)



Equations :

$$A = b \cdot h$$

$$P = 2 \cdot b + 2 \cdot h$$

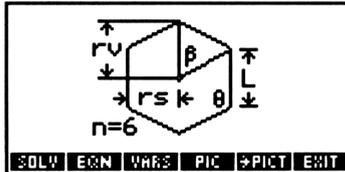
$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$J = \frac{b \cdot h}{12} \cdot (b^2 + h^2)$$

$$Id = I + A \cdot d^2$$

Exemple : connaissant $b = 4$ _chain, $h = 7$ _rd, $d = 39,26$ _in, donnez une estimation pour I, J , et Id en km^4 , on trouve $A = 28328108,2691$ _cm², $P = 23134,3662$ _cm, $I = 2,9257\text{E}-7$ _km⁴, $J = 1,8211\text{E}-6$ _km⁴, $Id = 2,9539\text{E}-7$ _km⁴.

Polygône régulier (Regular Polygon : 11, 4)



Equations :

$$A = \frac{\frac{1}{4} \cdot n \cdot L^2}{\text{TAN}\left(\frac{180}{n}\right)}$$

$$P = n \cdot L$$

$$rs = \frac{\frac{L}{2}}{\text{TAN}\left(\frac{180}{n}\right)}$$

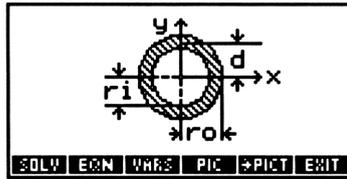
$$rv = \frac{\frac{L}{2}}{\text{SIN}\left(\frac{180}{n}\right)}$$

$$\beta = \frac{360}{n}$$

$$\Theta = \frac{n-2}{n} \cdot 180$$

Exemple : connaissant $n = 8$, $L = ,5$ _yd, on trouve $A = 10092,9501$ _cm², $P = 365,7600$ _cm, $rs = 55,1889$ _cm, $rv = 59,7361$ _cm, $\Theta = 135$ _°, $\beta = 45$ _°.

Anneau circulaire (Circular Ring : 11, 5)



Equations :

$$A = \pi \cdot (ro^2 - ri^2)$$

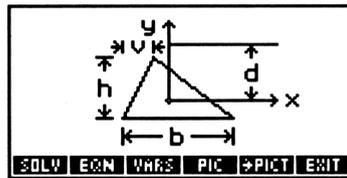
$$J = 2 \cdot \pi \cdot \left(\left(\frac{ro + ri}{2} \right)^3 \right) \cdot (ro - ri)$$

$$I = \pi \cdot \left(\left(\frac{ro + ri}{2} \right)^3 \right) \cdot (ro - ri)$$

$$Id = I + A \cdot d^2$$

Exemple : connaissant $ro = 4 \text{ } \mu\text{m}$, $ri = 25,0 \text{ k}\text{Å}$, $d = 1 \text{ mil}$, on trouve $A = 3,0631E-7 \text{ cm}^2$, $I = 1,6177E-10 \text{ mm}^4$, $J = 3,2353E-10 \text{ mm}^4$, $Id = 3,5938E-10 \text{ mm}^4$.

Triangle (Triangle : 11, 6)



Equations :

$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

$$I_y = \frac{b \cdot h}{36} \cdot (b^2 - b \cdot v + v^2)$$

$$P = b + \sqrt{v^2 + h^2} + \sqrt{(b - v)^2 + h^2}$$

$$J = \frac{b \cdot h}{36} \cdot (h^2 + b^2 - b \cdot v + v^2)$$

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{36}$$

$$Id = I_x + A \cdot d^2$$

Exemple : connaissant $h = 4,33012781892 \text{ in}$, $v = 2,5 \text{ in}$, $P = 15 \text{ in}$, $d = 2 \text{ in}$, on trouve $b = 5,0000 \text{ in}$, $I_x = 11,2764 \text{ in}^4$, $I_y = 11,2764 \text{ in}^4$, $J = 22,5527 \text{ in}^4$, $A = 10,8253 \text{ in}^2$, $Id = 54,5776 \text{ in}^4$.

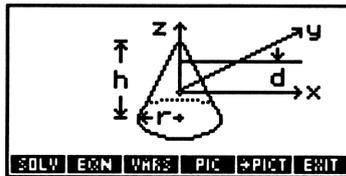
Géométrie dans l'espace (*Solid Geometry : 12*)

Noms de variables et descriptions

A	Surface totale
b	Longueur de la base
d	Distance à l'axe de rotation dans la direction z
h	Hauteur dans la direction z (Cône, Cylindre), ou Hauteur dans la direction y (Parallélépipède)
I, I_x	Moment d'inertie par rapport à l'axe x
I_d	Moment d'inertie dans la direction de x à d
I_z	Moment d'inertie par rapport à l'axe z
m	Masse
r	Rayon
t	Epaisseur dans la direction z
V	Volume

Référence : 4.

Cône (*Cone : 12, 1*)



Equations :

$$V = \frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot h$$

$$I_{zz} = \frac{3}{10} \cdot m \cdot r^2$$

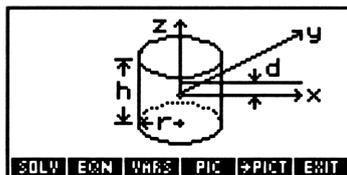
$$A = \pi \cdot r^2 + \pi \cdot r \cdot \sqrt{r^2 + h^2}$$

$$I_d = I_{xx} + m \cdot d^2$$

$$I_{xx} = \frac{3}{20} \cdot m \cdot r^2 + \frac{3}{80} \cdot m \cdot h^2$$

Exemple : connaissant $r=7$ cm, $h=12,5$ cm, $m=12,25$ kg, $d=3,5$ cm, on trouve $V=641,4085$ cm³, $A=468,9953$ cm², $I_{xx}=0,0162$ kg*m², $I_{zz}=0,0180$ kg*m², $I_d=0,0312$ kg*m².

Cylindre (Cylinder : 12, 2)



Equations :

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$I_{zz} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2$$

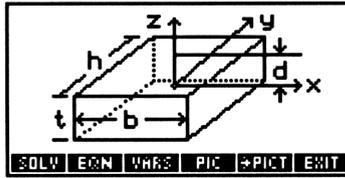
$$A = 2 \cdot \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

$$I_d = I_{xx} + m \cdot d^2$$

$$I_{xx} = \frac{1}{4} \cdot m \cdot r^2 + \frac{1}{12} \cdot m \cdot h^2$$

Exemple : connaissant $r=8,5$ in, $h=65$ in, $m=12000$ lbs, $d=2,5$ in, on trouve $V=14753,7045$ in³, $A=3925,4200$ in², $I_{xx}=4441750$ lb*in², $I_{zz}=433500$ lb*in², $I_d=4516750$ lb*in².

Parallélépipède (Parallelepiped : 12, 3)



Equations :

$$V = b \cdot h \cdot t$$

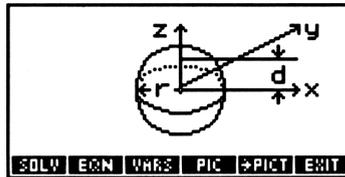
$$A = 2 \cdot (b \cdot h + b \cdot t + h \cdot t)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot m \cdot (h^2 + t^2)$$

$$Id = I + m \cdot d^2$$

Exemple : connaissant $b = 36$ in, $h = 12$ in, $t = 72$ in, $m = 83$ lb, $d = 7$ in, on trouve $V = 31104$ in³, $A = 7776$ in², $I = 36852$ lb·in², $Id = 40919$ lb·in².

Sphère (Sphere : 12, 4)



Equations :

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

$$A = 4 \cdot \pi \cdot r^2$$

$$I = \frac{2}{5} \cdot m \cdot r^2$$

$$Id = I + m \cdot d^2$$

Exemple : connaissant $d = 14$ cm, $m = 3,75$ kg, $Id = 486,5$ lb·in², on trouve $r = 21,4273$ cm, $V = 41208,7268$ cm³, $A = 5769,5719$ cm², $I = 0,0689$ kg·m².

Composants à semi-conducteur (*Solid State Devices* : 13)

Noms de variables et descriptions

α_F	Gain en courant direct en base commune
α_R	Gain en courant inverse en base commune
γ	Facteur de corps
λ	Paramètre de modulation
μ_n	Mobilité des électrons
ϕ_F	Potentiel de Fermi
ΔL	Ajustement de la longueur (Jonctions à transition PN), ou Empiètement du canal (Transistors NMOS)
ΔW	Ajustement de la largeur (Jonctions à transition PN), ou Contraction de la largeur (Transistors NMOS)
a	Épaisseur du canal
A_j	Surface réelle de la jonction
BV	Tension de claquage
C_j	Capacité de la jonction par unité de surface
C_{ox}	Capacité du bioxyde de silicium par unité de surface
$E1$	Facteur de champ de la tension de claquage
E_{max}	Champ électrique maximal
G_0	Conductance du canal
g_{ds}	Conductance de sortie
g_m	Transconductance
I	Courant dans la diode
I_B	Courant de base total
I_C	Courant de collecteur total
I_{CEO}	Courant de collecteur (circuit collecteur-base ouvert)

Noms de variables et descriptions (suite)

<i>ICO</i>	Courant de collecteur (circuit émetteur-base ouvert)
<i>ICS</i>	Courant de saturation collecteur-base
<i>ID,IDS</i>	Courant de drain
<i>IE</i>	Courant d'émetteur total
<i>IES</i>	Courant de saturation émetteur-base
<i>IS</i>	Courant de saturation d'un transistor
<i>J</i>	Densité du courant
<i>Js</i>	Densité du courant de saturation
<i>L</i>	Longueur du masque dessiné (Jonctions à transition PN), ou Longueur de la porte dessinée (Transistors NMOS), ou Longueur du canal (JFET)
<i>Le</i>	Longueur réelle de la porte
<i>NA</i>	Dopage du coté P (Jonctions à transition PN), ou Dopage du substrat (Transistors NMOS)
<i>ND</i>	Dopage du coté N (Jonctions à transition PN), ou Dopage du canal N (JFET)
<i>T</i>	Température
<i>tox</i>	Épaisseur de la porte en bioxyde de silicium
<i>Va</i>	Tension appliquée
<i>VBC</i>	Tension base-collecteur
<i>VBE</i>	Tension base-émetteur
<i>Vbi</i>	Tension interne
<i>VBS</i>	Tension de substrat
<i>VCEsat</i>	Tension de saturation collecteur-émetteur
<i>VDS</i>	Tension de drain appliquée
<i>VDSat</i>	Tension de saturation

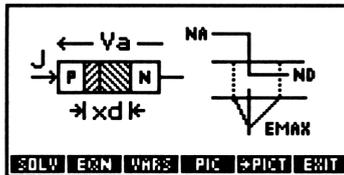
Noms de variables et descriptions (suite)

VGS	Tension de porte appliquée
Vt	Tension de seuil
Vt0	Tension de seuil (pour une tension de substrat nulle)
W	Largeur du masque dessiné (Jonction à transition PN), ou Largeur dessinée (Transistors NMOS), ou Largeur du canal (JFET)
We	Largeur réelle
xd	Largeur de la région d'appauvrissement
xdmax	Largeur de la couche d'appauvrissement
xj	Profondeur de la jonction

Références : 5, 8.

Jonctions à transition PN (*PN Step Junctions* : 13, 1)

Ces équations pour une diode au silicium à jonction PN utilise un modèle de jonction à transition brutale entre deux régions — la densité de dopage change brutalement au niveau de la jonction. Les équations supposent que la densité du courant est déterminée par les porteurs minoritaires injectés à travers la région d'appauvrissement et que la jonction PN a une disposition rectangulaire. La température doit être comprise entre 77 et 500 °K. (Voir la fonction « SIDENS » au chapitre 8.)



Equations :

$$V_{bi} = \frac{k \cdot T}{q} \cdot \text{LN} \left(\frac{N_A \cdot N_D}{n_i^2} \right)$$

$$x_d = \sqrt{\frac{2 \cdot \epsilon_{si} \cdot \epsilon_0}{q} \cdot (V_{bi} - V_a) \cdot \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)}$$

$$C_j = \frac{\epsilon_{si} \cdot \epsilon_0}{x_d}$$

$$E_{max} = \frac{2 \cdot (V_{bi} - V_a)}{x_d}$$

$$BV = \frac{\epsilon_{si} \cdot \epsilon_0 \cdot E_1^2}{2 \cdot q} \cdot \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)$$

$$J = J_s \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V_a}{k \cdot T}} - 1 \right)$$

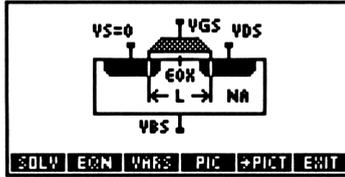
$$A_j = (W + 2 \cdot \Delta W) \cdot (L + 2 \cdot \Delta L) + \pi \cdot (W + L + 2 \cdot \Delta W + 2 \cdot \Delta L) \cdot x_j + 2 \cdot \pi \cdot x_j^2$$

$$I = J \cdot A_j$$

Exemple : connaissant $N_D = 1E22 \text{ cm}^{-3}$, $N_A = 1E15 \text{ cm}^{-3}$, $T = 26,85 \text{ }^\circ\text{C}$, $J_s = 1E-6 \text{ } \mu\text{A/cm}^2$, $V_a = -20 \text{ V}$, $E_1 = 3,3E5 \text{ V/cm}$, $W = 10 \text{ } \mu\text{m}$, $\Delta W = 1 \text{ } \mu\text{m}$, $L = 10 \text{ } \mu\text{m}$, $\Delta L = 1 \text{ } \mu\text{m}$, $x_j = 2 \text{ } \mu\text{m}$, on trouve $V_{bi} = ,9962 \text{ V}$, $x_d = 5,2551 \text{ } \mu\text{m}$, $C_j = 2005,0141 \text{ pF/cm}^2$, $E_{max} = 79908,5240 \text{ V/cm}$, $BV = 358,0825 \text{ V}$, $J = -1,0E-12 \text{ A/cm}^2$, $A_j = 3,1993E-6 \text{ cm}^2$, $I = -3,1993E-15 \text{ mA}$.

Transistors NMOS (NMOS Transistors : 13, 2)

Ces équations pour un transistor NMOS au silicium utilisent un modèle de quadripôle. Elles tiennent compte des régions linéaire et non linéaire des caractéristiques et sont fondées sur une approximation de canal progressif (les champs électriques dans le sens du courant sont faibles par rapport à ceux perpendiculaires à ce courant). Les calculs du courant de drain et de transconductance sont différents selon que le transistor est dans la région linéaire, de saturation ou de blocage de ses caractéristiques. Les équations supposent que le composant est de forme rectangulaire et que les effets des paramètres de longueur du second ordre, de canal court, de mobilité élevée des porteurs, et de saturation de la vitesse, ainsi que les courants de seuil sont négligeables (voir la fonction « SIDENS » au chapitre 8).



Equations :

$$W_e = W - 2 \cdot \Delta W$$

$$L_e = L - 2 \cdot \Delta L$$

$$C_{ox} = \frac{\epsilon_{OX} \cdot \epsilon_0}{t_{ox}}$$

$$I_{DS} = C_{ox} \cdot \mu_n \cdot \left(\frac{W_e}{L_e} \right) \cdot \left((V_{GS} - V_t) \cdot V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right) \cdot (1 + \lambda \cdot V_{DS})$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{2 \cdot \epsilon_{si} \cdot \epsilon_0 \cdot q \cdot N_A}}{C_{ox}}$$

$$V_t = V_{t0} + \gamma \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \text{ABS}(\phi_p) + \text{ABS}(V_{BS})} - \sqrt{2 \cdot \text{ABS}(\phi_p)} \right)$$

$$\phi_p = \frac{-k \cdot T}{q} \cdot \text{LN} \left(\frac{N_A}{n_i} \right)$$

$$g_{ds} = I_{DS} \cdot \lambda$$

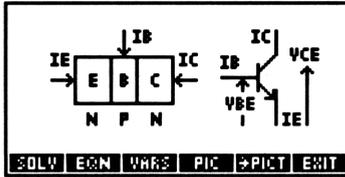
$$g_m = \sqrt{C_{ox} \cdot \mu_n \cdot \left(\frac{W_e}{L_e} \right) \cdot (1 + \lambda \cdot V_{DS}) \cdot 2 \cdot I_{DS}}$$

$$V_{DSat} = V_{GS} - V_t$$

Exemple : connaissant $t_{ox} = 700 \text{ \AA}$, $N_A = 1E15 \text{ cm}^{-3}$, $\mu_n = 600 \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$, $T = 26,85 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_{t0} = 0,75 \text{ V}$, $V_{GS} = 5 \text{ V}$, $V_{BS} = 0 \text{ V}$, $V_{DS} = 5 \text{ V}$, $W = 25 \text{ } \mu\text{m}$, $\Delta W = 1 \text{ } \mu\text{m}$, $L = 4 \text{ } \mu\text{m}$, $\Delta L = 0,75 \text{ } \mu\text{m}$, $\lambda = 0,05 \text{ 1/V}$, on trouve $W_e = 23 \text{ } \mu\text{m}$, $L_e = 2,5 \text{ } \mu\text{m}$, $C_{ox} = 49330,4750 \text{ pF/cm}^2$, $\gamma = ,3725 \text{ V}^{\wedge},5$, $\phi_p = -,2898 \text{ V}$, $V_t = 0,75 \text{ V}$, $V_{DSat} = 4,25 \text{ V}$, $I_{DS} = 3,0741 \text{ mA}$, $g_{ds} = 1,5370E-4 \text{ S}$, $g_m = 1,4466 \text{ mA/V}$.

Transistors bipolaires (*Bipolar Transistors : 13, 3*)

Ces équations pour un transistor bipolaire NPN au silicium sont fondées sur les modèles développés pour les signaux importants par J.J. Ebers et J.L. Moll. Le calcul de la tension de décalage est différent selon que le transistor est saturé ou non. Les équations tiennent aussi compte des conditions spéciales où la jonction émetteur-base ou collecteur-base est ouverte, qui sont commodes pour mesurer les paramètres d'un transistor.



Equations :

$$I_E = -I_{ES} \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V_{BE}}{k \cdot T}} - 1 \right) + \alpha_R \cdot I_{CS} \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V_{BC}}{k \cdot T}} - 1 \right)$$

$$I_C = -I_{CS} \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V_{BC}}{k \cdot T}} - 1 \right) + \alpha_F \cdot I_{ES} \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V_{BE}}{k \cdot T}} - 1 \right)$$

$$I_S = \alpha_F \cdot I_{ES}$$

$$I_S = \alpha_R \cdot I_{CS}$$

$$I_B + I_E + I_C = 0$$

$$I_{CO} = I_{CS} \cdot (1 - \alpha_F \cdot \alpha_R)$$

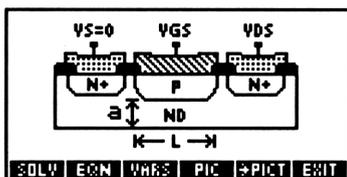
$$I_{CEO} = \frac{I_{CO}}{1 - \alpha_F}$$

$$V_{CEsat} = \frac{k \cdot T}{q} \cdot \text{LN} \left(\frac{1 + \frac{I_C}{I_B} \cdot (1 - \alpha_R)}{\alpha_R \cdot \left[1 - \frac{I_C}{I_B} \cdot \left(\frac{1 - \alpha_F}{\alpha_F} \right) \right]} \right)$$

Exemple : connaissant $I_{ES} = 1E-5$ nA, $I_{CS} = 2E-5$ nA, $T = 26,85$ °C, $\alpha_F = 0,98$, $\alpha_R = 0,49$, $I_C = 1$ mA, $V_{BC} = -10$ V, on trouve $V_{BE} = 0,6553$ V, $I_S = 0,0000098$ nA, $I_{CO} = 0,000010396$ nA, $I_{CEO} = 0,0005198$ nA, $I_E = -1,0204$ mA, $I_B = 0,0204$ mA, $V_{CEsat} = 0$ V.

JFET (JFETs : 13, 4)

Ces équations pour un transistor à effet de champ au silicium de canal N (JFET) sont fondées sur l'approximation d'une jonction à transition brutale, qui suppose que les portes sont fortement dopées par rapport au canal. Le calcul du courant de drain est différent selon que l'épaisseur de la zone d'appauvrissement de la jonction de porte est inférieure ou supérieure à l'épaisseur du canal. Les équations supposent que le canal est dopé uniformément et que les effets des connexions (comme les résistances de contacts, de drain et de source) sont négligeables. (Voir la fonction « SIDENS » au chapitre 8.)



Equations :

$$V_{bi} = \frac{k \cdot T}{q} \cdot \text{LN} \left(\frac{ND}{ni} \right)$$

$$x_{dmax} = \sqrt{\frac{2 \cdot \epsilon_{si} \cdot \epsilon_0}{q \cdot ND} \cdot (V_{bi} - V_{GS} + V_{DS})}$$

$$G_0 = q \cdot ND \cdot \mu_n \cdot \left(\frac{a \cdot W}{L} \right)$$

$$I_D = G_0 \cdot \left[V_{DS} - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \epsilon_{si} \cdot \epsilon_0}{q \cdot ND \cdot a^2}} \cdot \left((V_{bi} - V_{GS} + V_{DS})^{\frac{3}{2}} - (V_{bi} - V_{GS})^{\frac{3}{2}} \right) \right]$$

$$V_{Dsat} = \frac{q \cdot ND \cdot a^2}{2 \cdot \epsilon_{si} \cdot \epsilon_0} - (V_{bi} - V_{GS})$$

$$V_t = V_{bi} - \frac{q \cdot ND \cdot a^2}{2 \cdot \epsilon_{si} \cdot \epsilon_0}$$

$$g_m = G_0 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2 \cdot \epsilon_{si} \cdot \epsilon_0}{q \cdot ND \cdot a^2} \cdot (V_{bi} - V_{GS})} \right)$$

Exemple : connaissant $ND = 1E16 \text{ 1/cm}^3$, $W = 6 \text{ } \mu\text{m}$, $a = 1 \text{ } \mu\text{m}$, $L = 2 \text{ } \mu\text{m}$, $\mu_n = 1248 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$, $V_{GS} = -4 \text{ V}$, $V_{DS} = 4 \text{ V}$, $T = 26,85 \text{ }^\circ\text{C}$, on trouve $V_{bi} = 0,3493 \text{ V}$, $x_{dmax} = 1,0479 \text{ } \mu\text{m}$, $G_0 = 5,9986E-4 \text{ S}$, $I_D = 0,2268 \text{ mA}$, $V_{Dsat} = 3,2537 \text{ V}$, $V_t = -7,2537 \text{ V}$, $g_m = 0,1462 \text{ mA/V}$.

Résistance des matériaux (Stress Analysis : 14)

Noms de variables et descriptions

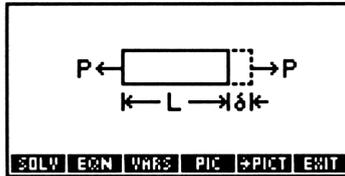
δ	Allongement
ϵ	Déformation normale
γ	Déformation par cisaillement
ϕ	Angle de torsion
σ	Contrainte normale
σ_1	Contrainte normale principale maximale
σ_2	Contrainte normale principale minimale
σ_{avg}	Contrainte normale au plan de contrainte maximale par cisaillement
σ_x	Contrainte normale dans la direction x
σ_{x1}	Contrainte normale dans la direction x après rotation
σ_y	Contrainte normale dans la direction y
σ_{y1}	Contrainte normale dans la direction y après rotation
τ	Contrainte par cisaillement
τ_{max}	Contrainte par cisaillement maximale
τ_{x1y1}	Contrainte par cisaillement après rotation
τ_{xy}	Contrainte par cisaillement
θ	Angle de rotation
θ_{p1}	Angle par rapport au plan de contrainte normale principale maximale
θ_{p2}	Angle par rapport au plan de contrainte normale principale minimale

Noms de variables et descriptions (suite)

Θ_s	Angle par rapport au plan contrainte par cisaillement maximale
A	Surface
E	Module d'élasticité
G	Module d'élasticité au cisaillement
J	Moment polaire d'inertie
L	Longueur
P	Charge
r	Rayon
T	Couple

Référence : 2.

Contrainte normale (Normal Stress : 14, 1)



Equations :

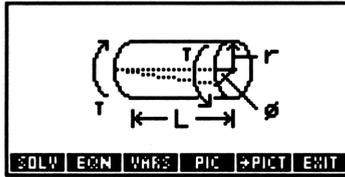
$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

$$\epsilon = \frac{\delta}{L}$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Exemple : connaissant $P=40000$ lbf, $L=8$ in, $A=3,14159265359$ in², $E=10E6$ psi, on trouve $\delta=0,0102$ in, $\epsilon=0,0013$, $\sigma=12732,3954$ psi.

Effort tranchant (Shear Stress : 14, 2)



Equations :

$$\tau = G \cdot \gamma$$

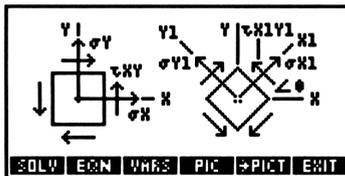
$$\gamma = \frac{r \cdot \phi}{L}$$

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J}$$

Exemple : connaissant $L = 6 \text{ ft}$, $r = 2 \text{ in}$, $J = 10,4003897419 \text{ in}^4$, $G = 12000000 \text{ psi}$, $\tau = 12000 \text{ psi}$, on trouve $T = 5200,1949 \text{ ft}\cdot\text{lbf}$, $\phi = 12,96^\circ$, $\gamma = 0,3600^\circ$.

Contrainte exercée sur un élément (Stress on an Element : 14, 3)

Les contraintes et les déformations sont positives dans les directions indiquées.



Equations :

$$\sigma_{x1} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cdot \cos(2 \cdot \theta) + \tau_{xy} \cdot \sin(2 \cdot \theta)$$

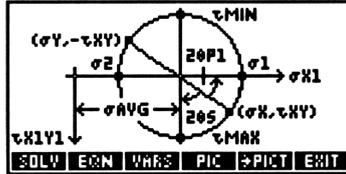
$$\sigma_{x1} + \sigma_{y1} = \sigma_x + \sigma_y$$

$$\tau_{x1y1} = - \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right) \cdot \sin(2 \cdot \theta) + \tau_{xy} \cdot \cos(2 \cdot \theta)$$

Exemple : connaissant $\sigma_x = 15000 \text{ kPa}$, $\sigma_y = 4755 \text{ kPa}$, $\tau_{xy} = 7500 \text{ kPa}$, $\theta = 30^\circ$, on trouve $\sigma_{x1} = 18933,9405 \text{ kPa}$, $\sigma_{y1} = 821,0595 \text{ kPa}$, $\tau_{x1y1} = -686,2151 \text{ kPa}$.

Cercle de Mohr (Mohr's Circle : 14, 4)

Le cercle de Mohr relate les contraintes normales et de cisaillement agissant sur divers plans inclinés en tout point d'un objet sollicité.



Equations :

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_1 + \sigma_2 = \sigma_x + \sigma_y$$

$$\sin(2 \cdot \theta_{p1}) = \frac{\tau_{xy}}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}}$$

$$\theta_{p2} = \theta_{p1} + 90$$

$$\theta_s = \theta_{p1} - 45$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$

$$\sigma_{avg} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$$

Exemple : connaissant $\sigma_x = -5600$ _psi, $\sigma_y = -18400$ _psi, $\tau_{xy} = 4800$ _psi, on trouve $\sigma_1 = -4000$ _psi, $\sigma_2 = -20000$ _psi, $\theta_{p1} = 18,4349$ _°, $\theta_{p2} = 108,4349$ _°, $\tau_{max} = 8000$ _psi, $\theta_s = -26,5651$ _°, $\sigma_{avg} = -12000$ _psi.

Ondes (Waves : 15)

Noms de variables et descriptions

β	Niveau sonore
λ	Longueur d'onde
ω	Pulsation
ρ	Densité du milieu
B	Module d'élasticité dans la masse
f	Fréquence
I	Intensité acoustique
k	Indice angulaire de l'onde
s	Déplacement longitudinal au point x et à l'instant t
sm	Amplitude longitudinale
t	Temps
v	Vitesse du son dans le milieu (Ondes acoustiques), ou Vitesse de propagation de l'onde (Ondes transversales, Ondes longitudinales)
x	Position
y	Déplacement transversal au point x et à l'instant t
ym	Amplitude transversale

Référence : 3.

Ondes transversales (Transverse Waves : 15, 1)

Equations :

$$y = ym \cdot \text{SIN}(k \cdot x - \omega \cdot t)$$

$$k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$v = \lambda \cdot f$$

Exemple : connaissant $ym = 6,37$ _cm, $k = 32,11$ _r/cm, $x = 0,03$ _cm, $\omega = 7000$ _r/s, $t = 1$ _s, on trouve $f = 1114,0846$ _Hz, $\lambda = 0,1957$ _cm, $y = 2,6655$ _cm, $v = 218,0006$ _cm/s.

Ondes longitudinales (Longitudinal Waves : 15, 2)

Equations :

$$s = sm \cdot \text{COS}(k \cdot x - \omega \cdot t)$$

$$k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$v = \lambda \cdot f$$

Exemple : connaissant $sm = 6,37$ cm, $k = 32,11$ r/cm, $x = 0,03$ cm, $\omega = 7000$ r/s, $t = 1$ s, on trouve $s = 5,7855$ cm, $v = 2,1800$ m/s, $\lambda = 0,1957$ cm, $f = 1114,0846$ Hz.

Ondes acoustiques (Sound Waves : 15, 3)

Equations :

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

$$\beta = 10 \cdot \text{LOG} \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

$$I = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v \cdot \omega^2 sm^2$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

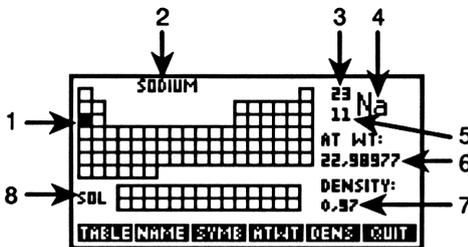
Exemple : connaissant $sm = 10$ cm, $\omega = 6000$ r/s, $B = 12500$ kPa, $\rho = 65$ kg/m³, on trouve $v = 438,5290$ m/s, $I = 5130789412,97$ W/m², $\beta = 217,1018$ dB, $f = 954,9297$ Hz.

Tableau périodique

L'application Tableau Périodique vous permet d'accéder à un grand nombre d'informations relatives à 106 éléments chimiques.

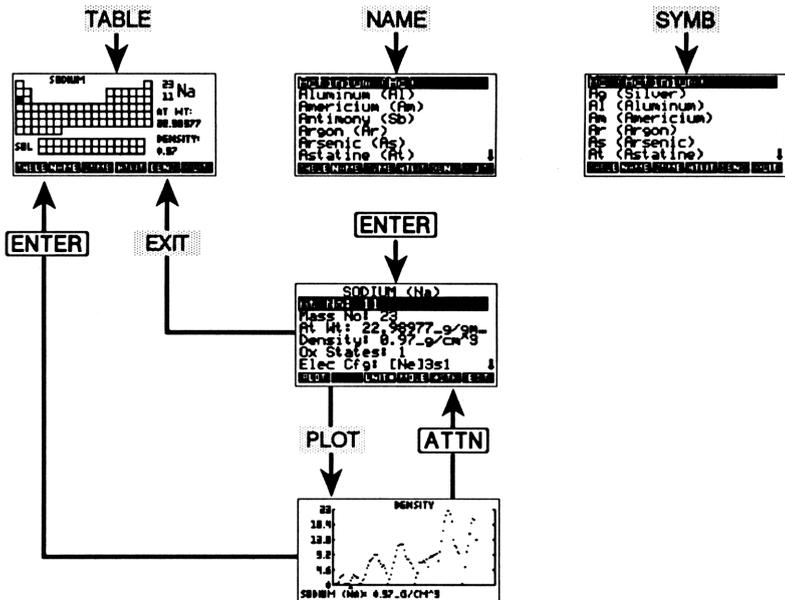
Utilisation du tableau périodique

Lancez le tableau périodique en appuyant sur **←** **LIBRARY** **PRTEBL** **FERTB**.



L'affichage montre une représentation du tableau périodique. Chaque carré représente un élément. Le pointeur noir (1) situe l'élément choisi dans le tableau. Pour cet élément, l'affichage indique aussi le nom (2), le nombre de masse (3), le symbole chimique (4), le numéro atomique (5), le poids atomique (6), la densité (7), et l'état physique (8). Chacune de ces propriétés est décrite plus amplement avec des unités dans le catalogue des propriétés — voir le paragraphe intitulé « Trouver les propriétés d'un élément » plus loin dans ce chapitre.

Le diagramme suivant montre comment utiliser les divers affichages et catalogues.



Dans l'affichage principal du tableau périodique, vous pouvez aussi effectuer les opérations ci-dessous.

Opérations dans l'affichage du tableau périodique

Touche	Action
▲ ▼ ◀ ▶	Déplace le pointeur dans le tableau le long des lignes ou des colonnes. Précédées de  , ces touches placent le pointeur à l'extrémité de la ligne ou de la colonne en cours.
 ...ENTER	Envoie le pointeur directement sur l'élément ayant le symbole chimique introduit, ou calcule les poids moléculaires. L'introduction de plusieurs caractères est possible.

Opérations dans l'affichage du tableau périodique (suite)

Touche	Action
<u>ATWT</u>	Place le poids atomique ou la densité de l'élément choisi dans la pile. Permet de quitter l'application.
<u>DENS</u>	
<u>QUIT</u>	

Le tableau périodique fournit deux catalogues contenant les noms et les symboles chimiques des éléments par ordre alphabétique. Pour choisir un élément, mettez en évidence le nom ou le symbole dans l'un des deux catalogues.

Trouver les propriétés des éléments

Le tableau périodique contient un ensemble de propriétés physiques des éléments. Les valeurs indiquées sont extraites du « Tableau périodique des éléments » publié par la Sargent-Welch Scientific Company— certaines peuvent être différentes de celles obtenues à partir d'autres sources.

Pour obtenir le catalogue des propriétés d'un certain élément, choisissez cet élément (dans l'affichage du tableau périodique ou dans un catalogue), puis appuyez sur **ENTER**.

Opérations dans le catalogue des propriétés

Touche	Action
<u>PLOT</u>	Trace la propriété mise en valeur en fonction du numéro atomique.
<u>UNITS</u>	Permet de passer alternativement des unités utilisées aux unités non utilisées.
<u>MOVE</u>	Place la propriété mise en valeur en haut de ce catalogue et des catalogues futurs (Pour retrouver l'ordre d'origine, détruisez la variable <i>PTpar</i>).

Operations dans le catalogue des propriétés (suite)

Touche	Action
→STK	Place la propriété mise en valeur au niveau 1 de la pile.
EXIT	Retour à l'affichage du tableau périodique pour cet élément.

Propriétés des éléments

Propriété	Type d'objet*	Numéro de propriété
Numéro atomique (<i>At No</i>)	Réel	1
Nombre de masse (<i>Mass No</i>) †	Réel	2
Poids atomique (<i>At Wt</i>)	Unité	3
Densité (<i>Density</i>) †	Unité	4
Etats d'oxydation (<i>Ox States</i>) †	Chaîne	5
Configuration électronique (<i>Elec Cfg</i>)	Chaîne	6
Etat (<i>State</i>) † ‡	Chaîne	7
Point de fusion (<i>Melting Pt</i>)	Unité	8
Point d'ébullition (<i>Boiling Pt</i>)	Unité	9
Chaleur de vaporisation (ΔH_{vap})	Unité	10
Chaleur de fusion (ΔH_{fus})	Unité	11
Chaleur spécifique (<i>Sp Heat</i>)	Unité	12
Groupe (<i>Group</i>)	Chaîne	13
Famille (<i>Family</i>) ‡	Chaîne	14
Structure cristalline (<i>Crystal</i>) ‡	Chaîne	15
Volume atomique (<i>At Vol</i>) †	Unité	16
Rayon atomique (<i>At Rad</i>)	Unité	17

* Les propriétés renvoyant des objets-unités renvoient des objets réels si les unités ne sont pas utilisées. Les valeurs inconnues sont renvoyées selon la chaîne «-».

† Voir les notes qui suivent ce tableau.

‡ Voir le tableau suivant pour la signification des données introduites.

§ Non compris dans le catalogue des propriétés, mais répertoriés dans le titre du catalogue.

Propriétés des éléments (suite)

Propriété	Type d'objet*	Numéro de propriété
Rayon de covalence (<i>Cov Rad</i>)	Unité	18
Conductivité thermique (<i>Ther Cond</i>) †	Unité	19
Conductivité électrique (<i>Elec Cond</i>) †	Unité	20
Potentiel de première ionisation (<i>1st Ion Pot</i>)	Unité	21
Electronégativité (<i>Electroneg</i>)	Unité	22
Comportement de l'oxyde (<i>Oxide</i>) ‡	Chaîne	23
Nom de l'élément §	Chaîne	24
Symbole chimique de l'élément §	Nom	25
<p>* Les propriétés renvoyant des objets- unités renvoient des objets réels si les unités ne sont pas utilisées. Les valeurs inconnues sont renvoyées selon la chaîne «-».</p> <p>† Voir les notes qui suivent ce tableau.</p> <p>‡ Voir le tableau suivant pour la signification des données introduites.</p> <p>§ Non compris dans le catalogue des propriétés, mais répertoriés dans le titre du catalogue.</p>		

Notes relatives aux propriétés : le nombre de masse pour un élément stable est donné pour l'isotope le plus abondant dans la nature ; pour un élément radioactif, il est fondé sur la période (demi-vie) la plus longue. La densité d'un gaz est indiquée à 273 K avec pour unité g/l ; pour les autres éléments, elle est donnée à 300 K avec pour unité g/cm³. Les états d'oxydation vont dans l'ordre, de l'état le plus stable à l'état le moins stable. L'état d'un gaz est donné pour la température standard ; pour les autres éléments, il s'agit de la température de la pièce. Le volume atomique d'un gaz est donné pour son état liquide au point d'ébullition ; pour les autres éléments, il est calculé à partir de la densité à 300 K. La conductivité thermique est mesurée à 300 K. La conductivité électrique est mesurée à 293 K.

Certaines propriétés de certains éléments sont annotées avec des informations spéciales telles que l'indication de valeurs estimées ou de conditions spéciales. De telles propriétés apparaissent dans le catalogue avec un * comme premier caractère.

Signification des messages

Etat :

gas et GAS	Gaz
liquid et LIQ	Liquide
solid et SOL	Solide
synthetic et SYN	Synthétique

Famille :

actinide	Actinides
alk earth mtl	Métaux alcalino-terreux
alkali metal	Métaux alcalins
chalcogen	Chalcogènes
halogen	Halogènes
lanthanide	Lanthanides
noble gas	Gaz rares
trans metal	Métaux transitoires

Structure cristalline :

bcc	Cubique centrée
cubic	Cubique
fcc	Cubique à face centrée
hexagonal	Hexagonale
monoclinic	Monoclinique
orthorhombic	Orthorhombique
rhombohedral	Rhomboédrique
tetragonal	Tétragonale

Comportement de l'oxyde :

amphoteric	Amphotère
mild acid	Acide moyen
mild base	Base moyenne
neutral	Neutre
str acid	Acide fort
str base	Base forte
weak acid	Acide faible
weak base	Base faible

Signification des messages (suite)

Annotations spéciales :

at 26 atm	A 26 atmosphères
at 60 K	A 60 K
estimated	Estimé
graphite	Graphite
gray	Gris
intrinsic	Intrinsèque
liquid	Liquide
most stable	Le plus stable
polycrystalline	Polycristalline
sublimes	Sublime
white	Blanc

Exemple : Propriétés. Calculez les plages de température pour lesquelles le brome (Br) et le mercure (Hg) sont liquides.

→ HOME
← LIBRARY

1:
EXLIB PRTEL COLIB FIN MES UTILS

PRTEL
PERTB

```

HYDROGEN
  1 H
  1 H
  AT WT:
  1.0079
  DENSITY:
  0.0899
GAS
TABLE NAME SYMB ATWT DENS QUIT
    
```

α Br ENTER
ENTER

```

BROMINE (Br)
At No: 35
Mass No: 79
    
```

Définissez les unités utilisées (UNIT).

(UNITS si nécessaires)

α B →STK
▲ →STK

```

BROMINE (Br)
Melting Pt: 265.90_K
Boiling Pt: 332.25_K
ΔHvap: 15,438_kJ/gmol
    
```

EXIT
SYMB
α H ▼ ▼ ▼
ENTER

```

MERCURY (Hg)
Melting Pt: 234.28_K
Boiling Pt: 630_K
ΔHvap: 59,229_kJ/gmol
    
```

→STK
 →STK
 ATTN

{ HOME }	
3:	Melting Pt (Br): 2...
2:	Boiling Pt (Hg): 6...
1:	Melting Pt (Hg):
	234,28_K
PERT:	PTPRD MOLW

1:	395,72_K
PERT:	PTPRD MOLW

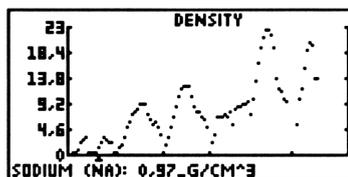
1:	66,35_K
PERT:	PTPRD MOLW

Traçage des propriétés

Vous pouvez tracer toute propriété évaluée numériquement en fonction du numéro atomique pour tous les éléments. Cette fonction est utile pour trouver des éléments ayant certaines caractéristiques, et pour observer la nature périodique de nombreuses propriétés.

1. Définissez un catalogue de propriétés pour un élément quelconque.
2. Mettez en valeur la propriété que vous souhaitez tracer.
3. Appuyez sur PLOT .

Le tracé comprend un pointeur juste en-dessous du point de tracé marquant l'élément choisi. La ligne en bas de l'affichage indique le nom et le symbole chimique de l'élément choisi, ainsi que la valeur de sa propriété.



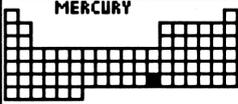
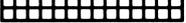
Opérations sur un tracé de propriété

Touche	Action
◀ ▶	Déplace le pointeur de tracé vers la gauche ou vers la droite.
[ENTER]	Permet de retourner à l'affichage du tableau périodique pour l'élément marqué par le pointeur de tracé.
[ATTN]	Permet de retourner au catalogue de propriétés précédent.

Exemple : Tracé de la conductivité thermique.

◀ [LIBRARY]

PRTBL
PERTB

MERCURY		202
		80 Hg
		AT WT:
		200.59
		DENSITY:
		13.53
LIQ		
TABLE NAME SYMB ATWT DENS QUIT		

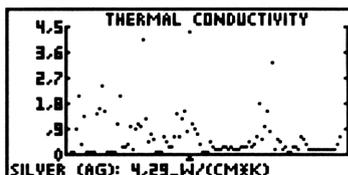
[ENTER]

α T

MERCURY (Hg)	
Cov Rad: 1.49 Å	↑
Ther Cond: ,0884_W/C...	
* Elec Cond: ,0104_1...	

PLOT

◀ or ▶...



[ATTN] [ATTN]

Choix des unités

Les propriétés et les commandes relatives au tableau périodique proposent deux choix d'unités possibles : unités SI ou aucune unité (unités SI implicites). Les valeurs numériques ne modifient pas ces choix, mais le type d'objet placé dans la pile dépend, lui, de votre choix.

Dans tous catalogues de propriétés, vous pouvez choisir les unités SI ou pas d'unités du tout à l'aide de la touche de menu UNITS. UNIT■ signifie que les unités SI sont utilisées, UNITS signifie que les unités ne sont pas utilisées.

Calcul du poids moléculaire

Vous pouvez calculer le poids moléculaire de tout composé chimique à l'aide du tableau périodique.

A partir de l'affichage du tableau périodique, appuyez sur , introduisez la formule du composé, puis appuyez sur . Utilisez la touche  pour corriger les fautes de frappe. L'application vous invite à introduire la formule moléculaire et verrouille automatiquement le clavier alphabétique. L'application accepte toute formule contenant des combinaisons des éléments suivants :

- Symboles chimiques des éléments (lettres). Seule, la première lettre des symboles à deux ou trois lettres est en majuscules.
- Indices (nombres). Indique que l'élément ou le groupe d'éléments précédent existe en plusieurs exemplaires dans le composé. Les nombres décimaux sont autorisés.
- Groupes (entre parenthèses). Éléments joints, indices et groupes. Utilisez les touches   pour « et les touches   pour », ou déverrouiller le clavier alphabétique et appuyez sur .

Voici des exemples de formules moléculaires valides :

Entrée : **Signification :**

NaF	NaF
H2SO4	H ₂ SO ₄
Mg(OH)2	Mg(OH) ₂
Zn3(Fe(CN)6)2	Zn ₃ [Fe(CN) ₆] ₂

Appuyez sur **[ENTER]** pour calculer le poids moléculaire.

- Pour placer le poids moléculaire et la formule dans la pile, appuyez sur **[ENTER]**.
- Pour retourner seulement à l'affichage du tableau périodique, appuyez sur **[ATTN]**.

Exemple : Poids moléculaire. Déterminez le poids moléculaire de C₁₂H₁₇ClN₄OS et CH₃C₆H₂(NO₂)₃.

[→] **[CLR]**
[←] **[LIBRARY]**
 PRTBL PERTB
[α]

C12H17ClN4OS

[ENTER] **[ENTER]**
[α] CH3C6H2 **[←]** **[()]** NO2 **[→]** **["]** 3

[ENTER] **[ENTER]**
 QUIT

[PRG] OBJ OBJ→

[→] **[CLR]**

Utilisation des commandes de l'application Tableau périodique

Commandes de l'application Tableau périodique

Touche	Commande programmable	Description
<u>PERTB</u>	PERTBL	Lance le tableau périodique. Cette commande n'affecte pas la pile.
<u>PTPRO</u>	PTPROP	Renvoie la propriété spécifiée pour l'élément choisi. Cette commande prend le numéro atomique ou le symbole chimique de l'élément - avec certaines restrictions - au niveau 2, et le numéro de la propriété au niveau 1, et renvoie cette propriété, habituellement une valeur ou une chaîne. Elle choisit d'utiliser des unités selon la valeur de l'indicateur binaire 61. Voir « Obtention des propriétés à l'aide d'une commande » ci-dessous.
<u>MOLW</u>	MOLWT	Renvoie le poids moléculaire pour la formule moléculaire spécifiée. Cette commande prend la formule (au niveau 1) et renvoie le poids moléculaire. Elle choisit d'utiliser des unités selon la valeur de l'indicateur binaire 61. Voir « Calcul du poids moléculaire à l'aide d'une commande » ci-dessous.

Si vous utilisez la commande PTPROP ou MOLWT avec l'application HP Solve ou avec l'algorithme de résolution d'un système d'équations, vous devez considérer le nom de l'élément ou le nom de la formule comme étant une variable « bouche-trou » (variable fictive) — vous ne pouvez en trouver la solution (si elle apparaît dans un menu de l'algorithme de résolution d'un système d'équations, vous devez la transformer en variable définie par l'utilisateur).

Obtention des propriétés à l'aide d'une commande

Vous pouvez obtenir les propriétés des éléments à l'aide de la commande PTPROP. Définissez l'élément à l'aide de son symbole chimique (un nom, tel que 'Si') ou de son numéro atomique (tel que 14). Définissez la propriété à l'aide de son numéro (tel que 9 pour la température du point d'ébullition). La liste des propriétés apparaît précédemment dans ce chapitre dans le tableau des propriétés. Si vous utilisez la commande PTPROP comme une fonction algébrique, vous devez utiliser le *symbole chimique* pour définir l'élément.

```
« ... 'Si' 9 PTPROP ... »  
« ... 14 9 PTPROP ... »  
« ... 'PTPROP(Si,9)' EVAL ... »
```

Exemple : exploration du tableau périodique. Ce programme détermine les éléments ayant une propriété se traduisant par une valeur numérique dans une certaine plage. Il utilise le numéro de propriété (au niveau 3) et deux limites (aux niveaux 2 et 1) — si la limite placée au niveau 1 n'a pas d'unité, les unités SI sont implicites. Le programme renvoie une liste d'éléments désignés par leur symbole chimique (total de contrôle : #2532d).

```

« MAX LASTARG MIN DUP
IF DUP TYPE THEN 61 CF ELSE 61 SF END
→ pnum hi lo unit
« 0 1 106
FOR elem
  elem pnum PTPROP DUP TYPE → prop type
  «
    IF 'type==0 OR type==13'
    THEN
      IF 'prop≥lo AND prop≤hi'
      THEN prop
        IF 61 FC? THEN unit CONVERT END
        elem 25 PTPROP
        →TAG SWAP 1 +
      END
    END
  »
NEXT
» →LIST 61 CF 1000 ,1 BEEP
»

```

Calcul du poids moléculaire à l'aide d'une commande

Vous pouvez calculer le poids moléculaire à l'aide de la commande MOLWT. Avec certaines restrictions, vous pouvez définir la formule moléculaire à l'aide de l'une ou l'autre des deux formes suivantes :

- Une chaîne, telle que "H2O".
- Un nom, tel que 'H2O'. Cette forme est autorisée seulement pour les formules ne présentant pas de parenthèses.

Vous pouvez stocker une formule moléculaire dans une variable, puis utiliser le nom de cette variable avec la commande MOLWT. Vous devez faire cela lorsque vous souhaitez utiliser la commande MOLWT dans une expression et que la formule contient des parenthèses ou correspond à un nom de commande du HP 48.

Vous devez faire très attention lorsque vous nommez une variable contenant un chaîne de formule ou un nom. Assurez vous que le nom de la variable lui-même n'est pas une formule valide (Si le nom de la variable est une formule valide, utilisation de la commande MOLWT avec le nom de la variable renvoie le poids moléculaire pour ce nom de variable, et non pour la formule qu'il contient. .).

Bibliothèque des constantes

La bibliothèque des constantes contient un recueil des constantes et quantités physiques courantes. Vous pouvez les utiliser dans des équations et des programmes.

Bibliothèque des constantes

Nom	Description
NA	Nombre d'Avogadro
k	Constante de Boltzmann
Vm	Volume molaire
R	Constante universelle des gaz
StdT	Température standard
StdP	Pression standard
σ	Constante de Stefan-Boltzmann
c	Vitesse de la lumière dans le vide
ϵ_0	Permittivité du vide
μ_0	Perméabilité du vide
g	Accélération due à la gravité
G	Constante gravitationnelle
h	Constante de Planck
hbar	Constante de Dirac
q	Charge de l'électron
me	Masse élémentaire de l'électron

Bibliothèque des constantes (suite)

Nom	Description
qme	Rapport q/me (rapport de la charge à la masse de l'électron)
mp	Masse élémentaire du proton
mpme	Rapport mp/me (masse du proton / masse de l'électron)
α	Constante de structure fine
ϕ	Quantum de flux magnétique
F	Constante de Faraday
R ∞	Constante de Rydberg
a0	Rayon de Bohr
μ B	Magnéton de Bohr
μ N	Magnéton nucléaire
λ 0	Longueur d'onde du photon
f0	Fréquence du photon
λ c	Longueur d'onde de Compton
rad	1 radian
two π	2 π radians
angl	Angle de 180° *
c3	Constante de la loi de répartition de Wien
kq	k/q (Boltzmann / charge de l'électron)
ϵ 0q	ϵ 0/q (permittivité / charge de l'électron)
qe0	q · ϵ 0 (charge de l'électron × permittivité)
ϵ si	Constante diélectrique du silicium
ϵ OX	Constante diélectrique du bioxide de silicium
I0	Intensité de référence

* Sans unités : 180, 2 π , ou 200, selon le mode d'angle.

Remarquez que l'un des noms utilise un caractère accentué : ϕ . Pour taper ce caractère, appuyez sur     .

Obtention des constantes à partir du catalogue

Pour examiner le catalogue de la bibliothèque des constantes et retrouver leur valeur, appuyez sur **↩** **LIBRARY** **COLIB CONLI**.

Opérations dans le catalogue des constantes

Touche	Action
SI	Choisit les unités SI ou anglo-saxonnes.
ENGL	
UNITS	Permet de passer alternativement des unités utilisées aux unités non utilisées.
VALUE	Permet de passer alternativement des descriptions aux valeurs.
→STK	Place la constante mise en valeur dans la pile.
QUIT	Permet de sortir du catalogue.

Exemple : constante de Dirac.

↩ **CLR**
↩ **LIBRARY**
COLIB CONLI

```

CONSTANTS LIBRARY
NA: Avogadro's number
k: Boltzmann
Vm: molar volume
R: universal gas
StdT: std temperature
StdP: std pressure ↓
  
```

Définissez les unités SI (**SI** **▣**) et les unités utilisées (**UNIT** **▣**).

(**SI** si nécessaire)
 (**UNITS** si nécessaire)
VALUE

```

CONSTANTS LIBRARY
NA: 6,0221367E23_1/mol
k: 1,380658E-23_J/K
Vm: 22,4141_1/gmol
R: 8,31451_J/(gmol*K)
StdT: 273,15_K
StdP: 101,325_kPa ↓
SI ▣ ENGL UNIT ▣ VALU ▣ →STK ▣ QUIT
  
```

α **h**
▼
ENTER

```

CONSTANTS LIBRARY
hbar: 1,05457266E-34_J
*s
  
```

ENTER

→STK QUIT

1: hbar:

1,05457266E-34_J*s

CONLI CONS

Obtention des constantes à l'aide de commandes

Commandes de la bibliothèque des constantes

Touche	Commande programmable	Description
CONLI	CONLIB	Permet d'obtenir le catalogue de la bibliothèque des constantes. Cette commande n'affecte pas la pile.
CONS	CONST	Renvoie la valeur de la constante spécifiée. Elle prend le nom de la constante (comme 'g') dans le niveau 1, et renvoie la valeur de la constante dans le niveau 1. La commande choisit le type d'unités selon la configuration de l'indicateur binaire d'unités (indicateur 60 : SI s'il est désarmé, anglo-saxonnes s'il est armé), et choisit d'utiliser ou non les unités selon la configuration de l'indicateur binaire d'utilisation d'unité (indicateur 61 : unités SI s'il est désarmé, pas d'unité s'il est armé).

Vous pouvez utiliser la commande CONST dans les équations et les programmes pour retrouver les constantes. Ces exemples pour la vitesse d'un corps en chute libre utilisent la commande CONST(g) :

```
'V=V0-CONST(g)*T'  
« V0 'g' CONST T * - V STO »
```

Vous pouvez avoir des variables ayant les mêmes noms que les constantes, mais vous devez ajouter les marques ' aux noms des constantes dans le programme.

Si vous utilisez CONST avec l'application HP Solve ou avec l'algorithme de résolution d'un système d'équations, vous devez considérer le nom de l'élément ou le nom de la formule comme étant une variable fictive - vous ne pouvez en trouver la solution (si elle apparaît dans un menu de l'algorithme de résolution d'un système d'équations, vous devez la transformer en variable définie par l'utilisateur).

Avec la commande CONST, vous pouvez modifier la valeur donnée par la bibliothèque de toute constante en stockant *votre* valeur dans une certaine variable du répertoire en cours (ou d'un répertoire d'un niveau supérieur). Le nom de la variable est « const » plus le nom de la constante (cette nouvelle valeur *ne change pas* celle contenue dans le catalogue des constantes). Par exemple, vous pourriez stocker ,00831451_kJ/gmol*K dans la variable *constR*. Détruisez la variable lorsque vous souhaitez retrouver la valeur de la bibliothèque.

Finance

Cette application permet des calculs financiers (*Time Value of Money*, TVM) et des fonctions de calcul d'amortissement, tel qu'il est pratiqué aux U.S.A. Elle peut être utilisée pour le calcul de l'intérêt composé.

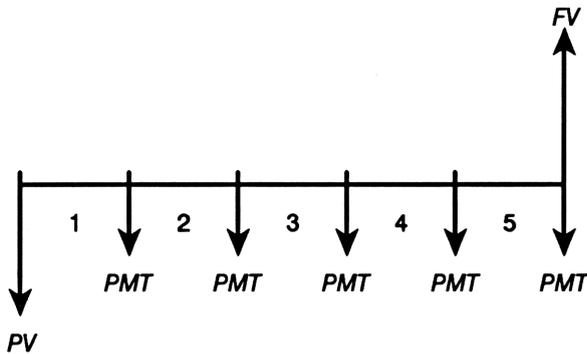
Réalisation de diagrammes de flux financiers

Bien des transactions financières peuvent être décrites grâce aux diagrammes de flux. Un diagramme de flux figure une droite, représentant l'écoulement du temps, partagée en segments égaux représentant les périodes de composition. Les flèches représentent les flux. Les sommes perçues sont des valeurs positives, les sommes payées sont négatives.

Le diagramme dépend donc du point de vue qui est défini dans l'énoncé du problème. Un prêt comporte, par exemple, un flux positif initial, en tous cas du point de vue de l'emprunteur, mais pour le prêteur, ce premier flux est évidemment négatif.

De plus, les diagrammes de flux définissent les *moments* où se font les paiements, par rapport aux périodes de composition : au *début* de chaque période ou en *fin* de période. L'application Finance prend en considération ces deux modes de paiement.

Ce diagramme, par exemple, montre des dépôts faits sur un compte à la fin de chaque période.



Calculs de flux

Pour exécuter des calculs sous l'application TVM, suivez cette procédure :

1. Lancez TVM en appuyant sur **LIBRARY** **FIN** **TVM**.
2. Définissez les paramètres de votre calcul :
 - Nombre de paiements par an.
 - Paiements en début ou en fin de période.
3. Stockez les quatre valeurs connues.
4. Identifiez l'inconnue.

Le menu TVM menu permet les opérations suivantes pour les cinq variables TVM :

- **N** stocke la valeur d'une variable.
- **↶** **N** cherche la valeur d'une variable.
- **↷** **N** rappelle la variable dans la pile.

Opérations du menu TVM

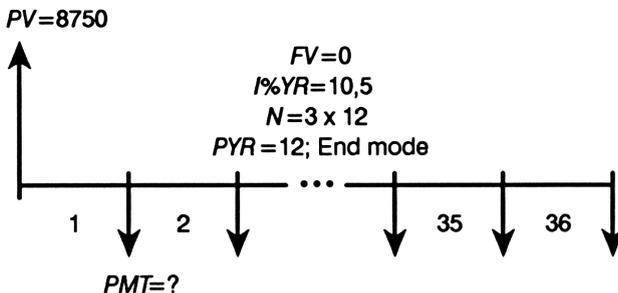
Touche	Action
N	Stocke, trouve ou rappelle le nombre total de paiements (périodes de composition).
I % YR	(Intérêt annuel) Stocke, trouve ou rappelle le pourcentage annuel nominal du taux d'intérêt.
PV	<i>Present Value</i> , valeur actuelle, stocke, trouve ou rappelle la valeur actuelle : le flux financier initial ou la valeur d'une série de flux à venir. Pour un prêteur ou un emprunteur, c'est le montant du prêt. Pour un investisseur, <i>PV</i> est l'investissement de départ. <i>PV</i> se produit toujours en début de première période.
PMT	Stocke, trouve ou rappelle le montant de chaque paiement périodique. Les paiements sont du même montant, et aucun paiement n'est omis. Les paiements peuvent se produire, comme nous l'avons vu, au début ou à la fin de chaque période de composition.
FV	<i>Future Value</i> , valeur future, stocke, trouve ou rappelle la valeur future : le montant du dernier flux ou la valeur combinée des flux précédents.
AMRT	Calcule l'amortissement (valeur comptable résiduelle, intérêt et capital) sur base de quatre variables TVM.
PYR	<i>Payments per Year</i> , paiements par an, stocke le nombre de paiements (de périodes de composition) par an. La valeur doit être un nombre entier. <input type="checkbox"/> PYR fait apparaître la valeur.

Opérations du menu TVM

Touche	Action
BEG END	Définit le mode Begin ou End, selon que les versements se font en début ou en fin de période de composition. Arme ou désarme l'indicateur du mode de paiement, l'indicateur 62.
 REVIEW	Affiche le contenu des variables TVM dans le menu.

Les calculs de cette application TVM utilisent toutes les variables, il faut donc vous assurer que vous avez bien stocké *quatre variables correctes*, même si l'une d'elles ne figure pas dans l'énoncé de votre problème.

Exemple : prêt.



```

 HOME  CLR
 MODES 2 FIX
 LIBRARY FIN TVM
NXT 12 PYR END
    
```

```

12 payments/year
END mode
4:
3:
2:
1:
PVR BEG END
    
```

```

NXT
3 [ENTER] 12 [X] N
10.5 I%YR
8750 PV
0 FV
 REVIEW
    
```

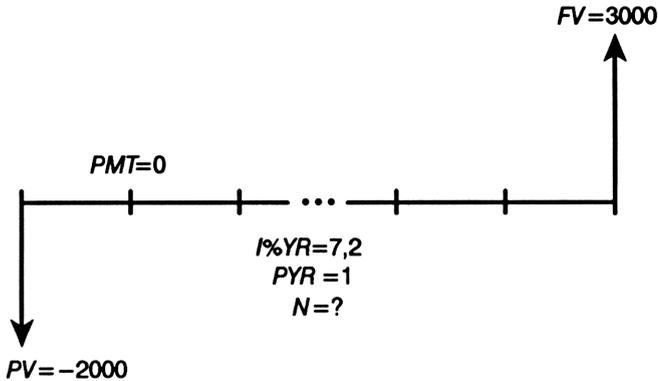
```

12 payments/year
END mode
N: 36,00
I%YR: 10,50
PV: 8.750,00
PMT: undefined
FV: 0,00
N I%YR PV PMT FV AMRT
    
```

← PMT

1: PMT: -284,40
N I%YR PV PMT FV AMST

Exemple : compte d'épargne.



→ CLR
← MODES 2 FIX
← LIBRARY FIN TVM
NXT 1 PYR END

1 payments/year
END mode
4:
3:
2:
1:
PYR BEG END

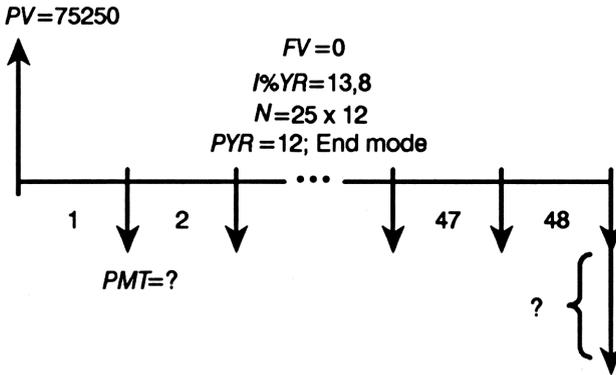
NXT 7.2 I%YR
2000 +/- PV
0 PMT 3000 FV
← N

1: N: 5,83
N I%YR PV PMT FV AMST

6 N
← FV

1: FV: 3035,28
N I%YR PV PMT FV AMST

Exemple : une hypothèque avec paiement libératoire.



CLR
 MODES 2 FIX
 LIBRARY FIN TVM
 12 PYR END

12 payments/year
END mode
4:
3:
2:
1:
PYR BEG END

25 12 N
 13.8 I%YR 75250 PV
 0 FV
 PMT

1: PMT: -894,33
N I%YR PV PMT FV

Stockez le paiement arrondi à deux décimales.

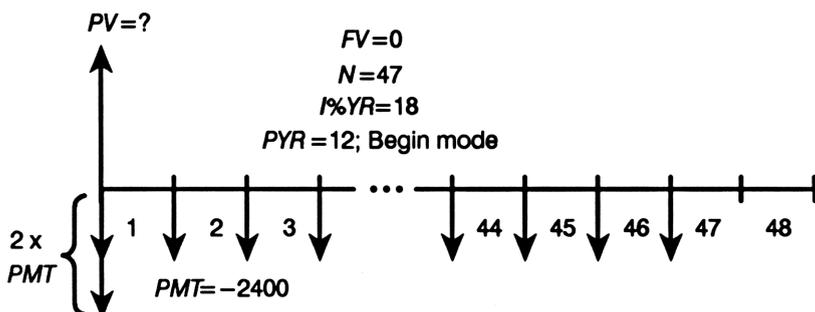
894.33 PMT

PMT: -894,33
4:

48 N
 FV

2: PMT: -894,33
1: FV: -73408,81
N I%YR PV PMT FV

Exemple : location vente.



(→) CLR
 (←) MODES 2 FIX
 (←) LIBRARY FIN TVM
 NXT 12 PYR BEG

```

12 payments/year
BEGIN mode
4:
3:
2:
1:
  PYR 12  BEG  END
  
```

NXT 47 N 18 I%YR
 2400 +/- PMT 0 FV
 (←) PV

```

1: PV: 81735,58
  N 12YR PV PMT FV
  
```

2400 (+)

```

1: PV: 84.135,58
  N 12YR PV PMT FV
  
```

Calcul d'amortissement

Les calculs d'amortissement déterminent les montants affectés au remboursement du capital ou au paiement des intérêts dans une série de paiements. Les calculs utilisent le menu TVM. Voyez à ce sujet « Calculs de flux » plus haut dans ce chapitre.

Pour faire des calculs d'amortissement, suivez cette procédure :

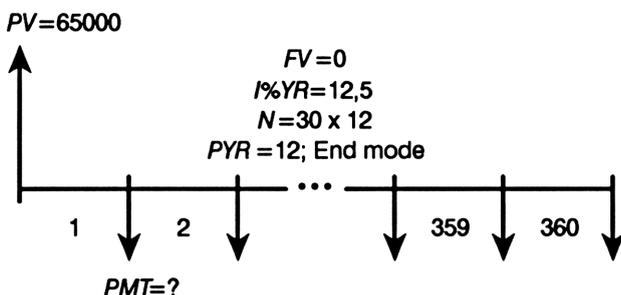
1. Définissez le mode de paiement, le nombre, PYR , et quatre variables TVM : $I\%YR$, PV , PMT et FV .
2. Changez le mode d'affichage pour obtenir la précision désirée, par exemple le mode Fix 2.

3. Saisissez le nombre de paiements nécessaires pour amortir dans le niveau 1 de la pile.
4. Trouvez les montants des amortissements en appuyant sur **AMRT** :
 - Niveau 3 : montant affecté au remboursement du capital.
 - Niveau 2 : montant affecté au paiement des intérêts.
 - Niveau 1 : solde du prêt.

Pour amortir la part suivante du prêt, stockez la nouvelle valeur dans *PV*, saisissez le nouveau nombre de paiements à amortir et appuyez sur **AMRT**.

L'opération arrondit les nombres obtenus à partir de *PV* et de *PMT* en fonction du mode d'affichage en vigueur.

Exemple : amortissement.



```

➡ CLR
← MODES 2 FIX
← LIBRARY FIN TVM
NXT 12 PYR END
NXT 30 ENTER 12 x N
12.5 I%YR 65000 PV
0 FV
← PMT
  
```

```

< HOME >
4:
3:
2:
1: PMT: -693,72
N I%YR PV PMT FV AMRT
  
```

```
12 AMRT
```

```

3: Principal: -211,48
2: Interest: -8113,16
1: Balance: 64788,52
N I%YR PV PMT FV AMRT
  
```

PV
12 AMRT

3: Principal: -239,49
2: Interest: -8085,15
1: Balance: 64549,03
N 12YR PV PMT FV AMRT

← MODES STD

La programmation et les commandes de « Finance »

Commandes

Touche	Commande programmable	Description
TVM	TVM	Affiche le menu TVM. N'a pas d'action sur la pile.
TVMB TVME	TVMBEG TVMEND	Définit le mode de paiement « Begin » ou « End » (arme ou désarme l'indicateur 62). N'a pas d'action sur la pile.
TVMR	TVMROOT	Trouve la variable TVM spécifiée grâce aux valeurs des variables TVM restantes. Utilise le mode de paiement défini par l'indicateur 62. Prend le nom de variable au niveau 1 et renvoie sa valeur au niveau 1.

Commandes (suite)

Touche	Commande programmable	Description
AMOR	AMORT	Exécute des calculs d'amortissement en utilisant les valeurs des variables TVM (sauf <i>M</i>). Utilise le mode de paiement défini par l'indicateur 62. Utilise le nombre de paiements du niveau 1 et renvoie le montant du capital au niveau 3, le montant de l'intérêt au niveau 2, et le solde au niveau 1.

Si vous utilisez TVMROOT dans l'application HP Solve ou l'algorithme de résolution des systèmes d'équations, il vous faut considérer cette variable TVM comme factice ; vous ne pourrez trouver sa valeur (si elle apparaît dans l'algorithme de résolution des systèmes d'équations, faites-en une variable définie par l'utilisateur).

Exemple : TVMROOT et AMORT dans les programmes. Ce programme rassemble des informations sur un prêt. Il utilise le nombre d'années (au niveau 3), le taux d'intérêt annuel (niveau 2) et le montant du prêt (niveau 1) et renvoie le paiement mensuel (niveau 2) et le total des intérêts à verser (niveau 1). (Total de contrôle : #32686d).

«

```
'PV' STO
'I%YR' STO
12 * 'N' STO
0 'FV' STO
TVMEND 2 FIX
'PMT' TVMROOT
DUP 'PMT' STO
N AMORT
ROT DROP2
```

»

Algorithme de résolution d'un système d'équations

L'algorithme de résolution d'un système d'équations est une application permettant de résoudre un ensemble de deux ou plusieurs équations. Elle procède en cherchant les racines de chaque équation, en les prenant une après l'autre. Par exemple, la bibliothèque d'équations utilise l'algorithme de résolution d'un système d'équations pour trouver des solutions, comme décrit au chapitre 2, « Bibliothèque d'équations. »

Lorsque vous résolvez des problèmes en utilisant l'algorithme, l'application utilise le même détecteur de racines que celui qu'utilise l'application HP Solve, intégrée au HP 48. Si nécessaire, lisez le chapitre « L'application HP Solve » du manuel d'utilisation du HP 48.

Résolution d'un système d'équations

Voici comment procéder pour résoudre un problème à l'aide de l'algorithme de résolution d'un système d'équations :

1. Créez un ensemble d'équations définissant les relations entre les variables de votre problème et initialisez l'algorithme de résolution d'un système d'équations pour cet ensemble.
2. Utilisez l'algorithme pour saisir les valeurs des variables connues et pour trouver les inconnues.

Définition : ensemble d'équations

L'algorithme de résolution d'un système d'équations utilise la liste d'équations stockée dans *EQ*. En fait, dans ce contexte, le terme « équations » englobe les programmes, expressions et noms de variables qui s'évaluent en une seule valeur. L'algorithme de résolution d'un système d'équations nécessite absolument que la variable *EQ* contienne plus d'une équation ; c'est-à-dire que l'application HP Solve comporte un libellé `≡EQ` pour *EQ*. L'algorithme utilise *EQ* pour créer une variable réservée *Mpar* utilisée pendant le processus de résolution. *Mpar* contient un ensemble d'équations et d'autres informations.

Conception des équations

L'algorithme de résolution d'un système d'équations utilise le même processus que le vôtre pour trouver une variable inconnue : en supposant que vous ne seriez pas autorisé à créer d'équations supplémentaires. Vous chercheriez parmi le groupe d'équations celle qui ne comporte qu'une seule inconnue. Vous utiliseriez le détecteur de racines du HP 48 pour identifier sa valeur. Vous recommenceriez ensuite jusqu'à ce que vous ayez identifié l'inconnue.

Faites donc en sorte que les inconnues se présentent seules dans vos équations. Essayez de limiter la présence de deux ou plusieurs inconnues dans toutes les équations. Vous pouvez aussi spécifier les équations dans un ordre qui convient bien à vos problèmes.

Pour créer des équations plus aisées à résoudre, incorporez des fonctions qui assurent des calculs rapides ; par exemples les fonctions `CONST` et `TDELTA` de la carte d'applications et `UBASE`, `EXP` et `IFTE` du HP 48.

Si vos équations utilisent la fonction `IFTE`, l'algorithme de résolution prendra en considération l'état de *toutes* les variables au moment de décider du nombre d'inconnues qu'il contient, même s'il n'a à utiliser qu'une seule des expressions conditionnelles.

Si vos équations utilisent l'une des fonctions, leurs variables ne seront pas nécessairement détectées par l'algorithme : `Σ`, `f`, `∂`, `|`, `QUOTE`, `APPLY`, `PTPROP`, `TVMROOT`, `MOLWT` et `CONST`.

Création d'équations

Voici les techniques à utiliser :

- Créez ou rappelez les équations dans la pile, utilisez →LIST (PRG) OBJ →LIST) pour les combiner en une liste, puis stockez celles-ci dans EQ. Exécutez MINIT pour créer Mpar.
- Créez des équations et sauvegardez-les dans des variables (utilisez NEW dans le menu HP Solve), puis utilisons EQ+ dans le catalogue HP Solve pour combiner les équations. Exécutez MINIT pour créer Mpar.

Exemple: création d'équations. Créez deux équations,

'L=√(R^2+H^2)' et 'V=π*R^2*H/3'.

→ HOME → CLR
 L ← = √ ← ()
 R y² 2 + H y² 2
 ENTER
 ← SOLVE NEW LCONE ENTER

```
Current equation:
LCONE: 'L=√(R^2+H^2)'
4:
3:
2:
1:
SOLVR ROOT NEW EQ+ STEQ CAT
```

V ← = ← π ×
 R y² 2 × H ÷ 3
 ENTER
 NEW VCONE ENTER

```
Current equation:
VCONE: 'V=π*R^2*H/3'
4:
```

CAT
 (▲ ou ▼) autant que nécessaire
 EQ+

```
{ VCONE }
VCONE: 'V=π*R^2*H/3'
EQ: 'VCONE'
LCONE: 'L=√(R^2+H^2)'
ELIB: dir
PLOTS SOLVR EQ+ EDIT STEQ VIEW
```

(▼) autant que nécessaire
 EQ+

```
{ VCONE LCONE }
VCONE: 'V=π*R^2*H/3'
EQ: 'VCONE'
LCONE: 'L=√(R^2+H^2)'
```

SOLVR

```
VCONE: 'V=π*R^2*H/3'
4:
3:
2:
1:
V R H EQPR= INREQ
```

← LIBRARY MES MINIT

1:
MSOL MINT MITM MUSE MCAL MROD

Cet exemple continue plus loin, dans ce chapitre.

Résolution des équations

Appuyez sur **MSOL**, dans le menu principal de l'application de l'algorithme de résolution d'un système d'équations (← **LIBRARY** **MES** **MSOL**) pour lancer l'algorithme, pour obtenir les libellés du menu de variables.

La plupart des informations concernant l'utilisation de cet algorithme se trouvent au chapitre 2, « Bibliothèque d'équations. » L'algorithme de résolution fonctionne avec votre ensemble d'équations de la même manière qu'il travaille avec la bibliothèque d'équations. Voyez au chapitre 2 comment saisir les valeurs connues, les estimations, chercher les inconnues, interpréter les résultats et modifier la forme sous laquelle se présente le problème.

Si vous passez à d'autres menus en utilisant l'algorithme vous pouvez reprendre le processus de résolution là où vous l'aviez interrompu : exécutez **MSOLVR** (← **LIBRARY** **MES** **MSOL**).

Exemple: résolution d'équations. Cet exemple reprend là où nous étions arrivés ci-dessus. Si $R=5$ et si $L=12$, cherchez H et V . Définissez ensuite $H=9$ et trouvez R et V .

MSOL
← { } V L
R H ENTER
← PURGE
5 R 12 L

← ALL

← REVIEW

L: 12
4:
3:
2:
1:
V L R H ALL

1:
V L R H ALL

EQ
V: 285,589415328
L: 12
R: 5
H: 10,9087121146

9 H ■

```
H: 9
4:
3:
2:
1:
V L R H ALL
```

Créez R de telle sorte qu'elle ne soit *pas* définie par l'utilisateur (elle doit être « calculée ») avant de résoudre.

```
□ R
NXT MCAL
NXT ← ALL
← REVIEW
```

```
EQ
V: 593,761011529
I: 12
R: 7,93725393319
H: 9
ALL
V L R H ALL
```

Cet exemple continue plus loin, dans ce chapitre.

Définition des unités par défaut

Il est possible de définir des unités par défaut pour les variables de vos équations. Ceci peut simplifier vos solutions de la manière suivante :

- Vos variables peuvent alors utiliser *n'importe quel* jeu d'unités cohérentes ; les facteurs de conversion sont appliqués automatiquement si nécessaire lors de la résolution.
- Les valeurs peuvent être saisies sans inclure d'unités, elles sont automatiquement ajoutées.

Une manière de définir des valeurs par défaut pour un ensemble d'équations est de créer un programme qui utilise STO pour stocker un objet-unité dans chaque variable. Les valeurs ne sont pas critiques mais la valeur zéro est probablement la valeur la plus sûre, puisque c'est elle qui est utilisée lorsque vous introduisez une estimation pour identifier une variable.

Exemple: changement d'unités. Cet exemple reprend là où nous en étions restés. Saisissez le programme suivant dans la pile :

```

* 0_ft DUP DUP 'R' STO 'H' STO 'L' STO
  0_yd^3 'V' STO "ALL" MCALC *

```

SETUP
 MES

```

EQ
V: 593,761011529
L: 12
R: 7,93725393319
H: 9
ALL
V L R H ALL

```

SETUP

```

EQ
V: 0_yd^3
L: 0_ft
R: 0_ft
H: 0_ft
ALL
V L R H ALL

```

A présent, détruisez les unités.

```

EQ
V: Undefined
L: Undefined
R: Undefined
H: Undefined
ALL
V L R H ALL

```

Cet exemple continue plus loin, dans ce chapitre.

Changement de titre et de menu

Le titre par défaut pour un ensemble d'équations est « EQ. » Les libellés de menu pour les variables sont automatiquement assignés dans l'ordre où les variables se présentent dans les équations.

Vous pouvez si vous le désirez changer le titre et l'ordre des variables dans le menu en utilisant la commande MITM. Cependant, il est obligatoire de le faire *après* avoir créé la variable *Mpar* à l'aide MINIT.

Voici la procédure de modification du titre et du menu :

1. Utilisez MINIT pour créer *Mpar* (voyez à ce sujet « Création d'équations » plus haut, dans le même chapitre).
2. Placez dans la pile une chaîne contenant le nouveau titre (en niveau 2) et une liste contenant les noms de variables dans l'ordre désiré (en niveau 1). Utilisez " " dans le cas d'un libellé vide. Vous devez inclure obligatoirement *toutes* les variables du menu d'origine et aucune autre.
3. Exécutez MITM (  MES ) pour changer titre et menu dans *Mpar*.

Exemple : changement de titre et de menu. Cet exemple reprend là où nous nous étions arrêtés ci-dessus.

```
  CONE   
 { } R H  
   V L   
  MES   
MSOL
```

```
CONE  
4:  
3:  
2:  
1:  
R H V L ALL
```

Résolution d'équations avec des commandes

Commandes de l'algorithme de résolution d'un système d'équations

Touche	Commande programmable	Description
MSOL	MSOLVR	Lance l'algorithme en utilisant le <i>Mpar</i> en cours. Aucune influence sur la pile.
MINIT	MINIT	Crée un nouveau <i>Mpar</i> à partir de <i>EQ</i> . Aucune influence sur la pile.
MITM	MITM	Change le titre et le menu de variable dans <i>Mpar</i> . Prend un titre dans le niveau 2 et une liste de variables au niveau 1, et ne renvoie rien.
MUSE MCAL	MUSER MCALC	Crée une variable, définie-utilisateur ou non. Accepte un nom de variable, une liste de variables ou "ALL" (niveau 1) et ne renvoie rien.
MROO	MROOT	Résout pour une ou plusieurs variables en commençant uniquement par des valeurs définies-utilisateur. Laisse les valeurs trouvées dans les variables et n'affiche pas de messages d'état. Prend un nom de variable (au niveau 1) et renvoie la valeur trouvée. Peut aussi prendre "ALL" (au niveau 1) et ne renvoie rien.

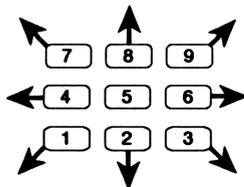
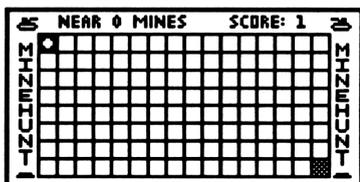
Utilitaires

L'application « Utilitaires » se compose d'un jeu, « Minehunt », (chasse aux mines), de quatre unités définies par l'utilisateur et de huit commandes supplémentaires.

Le jeu « Minehunt »

Exécutez MINEHUNT ( LIBRARY UTILS MINE) pour commencer le jeu.

Dans ce jeu, vous vous trouvez dans le coin supérieur gauche d'un champ de bataille en forme de grille de dimensions 8 × 16. Votre mission est de traverser ce champ en diagonale pour vous rendre en toute sécurité vers le coin inférieur gauche, tout en évitant des mines invisibles. Vous êtes renseigné sur le nombre de mines qui se trouvent dans le carré adjacent à votre position.



Pour traverser ce champ de mines, appuyez sur les touches numériques ou sur les touches-flèches. Les touches numériques vous permettent de vous déplacer en diagonale. Pour quitter le jeu, appuyez sur **[ATTN]**.

Pour interrompre le jeu et le conserver en l'état, appuyez sur **[STO]**. Cela crée une variable *MHpar* dans le répertoire en cours et met fin au jeu. Si *MHpar* existe au moment où vous lancez Minehunt, le jeu interrompu reprend et le contenu de *MHpar* disparaît.

Il vous est possible de modifier le nombre de mines dans le champ, en créant une variable nommée *Nmines*, qui contient ce nombre. *Nmines* doit contenir un nombre réel (de 1 à 64). Si la valeur *Nmines* est négative les mines *seront visibles* pendant le jeu.

Unités définies par l'utilisateur

Cette application « Utilitaires » offre quatre unités définies par l'utilisateur : « gmol » (grammes-moles, mol), « lbmol » (*pound-moles*, livres-moles, environ 454 mol), « rpm » (*revolutions per minute*, 1/min) et « dB » (decibels, sans dimensions). Le menu des utilitaires peut être utilisé pour économiser la frappe des unités. Pour les utiliser le plus aisément possible, ajoutez-les au menu utilisateur.

Pour plus d'indications à ce sujet, consultez le chapitre « Gestion des unités » dans le *Manuel d'utilisation HP 48*.

Exemple : placer des unités dans un menu personnalisé.

```

[ ] [CLR]
[ ] [LIBRARY] UTILS [NXT]
[ ] [ { } ]
1 [ ] [ ] GMOL [SPC]
1 [ ] [ ] LBMO [SPC]
1 [ ] [ ] RPM [SPC]
1 [ ] [ ] DB [ENTER]

```

```

1: { 1_gmol 1_lbmol 1_
    rpm 1_dB }
TOELT TIME GMOL LBMO RPM DB

```

```

[ ] [MODES] MENU
6 GMOL
[ ] LBMO

```

```

1: 1,32277357311E-2_
    lbmol
GMOL LBMO RPM DB

```

Commandes

L'application utilitaires vous présente huit commandes. Plusieurs commandes calculent des paramètres physiques qui sont utilisés par la bibliothèque d'équations. Ces commandes peuvent être exécutées en ligne de commande, dans les équations et dans des programmes. Voici quelques exemples :

```
'Z=ZFACTOR(Tr,Pr)'  
* ... Tr Pr ZFACTOR 'Z' STO ... *
```

Fonction ZFACTOR

La fonction ZFACTOR(T_r , P_r) calcule Z , le facteur de compressibilité d'un gaz Z , un facteur de correction du comportement (imparfait) d'un gaz réel (le facteur Z n'est précis que pour les gaz hydrocarbonés). T_r est la température réduite, le rapport entre la température réelle (T) et la température pseudo-critique (T_c). Il se calcule en utilisant des températures absolues. P_r est la pression réduite, le rapport entre la pression réelle (P) et la pression pseudo-critique (P_c). T_r et P_r doivent être des nombres réels ou des objets-unités qui se réduisent à des nombres sans dimensions. T_r doit se trouver entre 1,05 et 3,0. P_r doit se trouver entre 0 et 30.

ZFACTOR utilise T_r et P_r (aux niveaux 2 et 1), et renvoie le facteur Z .

La fonction FANNING

La fonction FANNING(ϵ/D , Re) calcule le coefficient de friction Fanning f , un facteur de correction pour les effets de friction se produisant lors de l'écoulement de certains fluides (température, diamètre, vitesse et viscosité constantes ; écoulement classique dans un tuyau). ϵ/D est le rapport entre la rugosité du conduit et son diamètre. Re est le nombre de Reynolds. Cette fonction utilise différents sous-programmes de calcul de l'écoulement laminaire ($Re \leq 2100$) et de l'écoulement turbulent ($Re > 2100$). ϵ/D et Re doivent être des nombres réels ou des objets-unités qui se réduisent à des nombres sans dimensions. ϵ/D et Re doivent être supérieurs à 0.

FANNING utilise ϵ/D et Re (niveaux 2 et 1), et renvoie le facteur de friction Fanning.

La fonction DARCY

La fonction DARCY(ϵ/D , Re) calcule le facteur de friction *Darcy*, c'est-à-dire le facteur d comme étant le coefficient de friction Fanning multiplié par 4. Voir ci-dessus.

Fonction F0λ

La fonction F0λ(λ , T) calcule la part du total du rayonnement d'un corps noir à la température T entre les longueurs d'onde 0 et λ . Dans le cas où vous n'utilisez pas d'unités, λ doit avoir le mètre comme unité implicite et T doit avoir le degré K comme unité implicite.

F0λ utilise λ et T (aux niveaux 2 et 1), et renvoie une fraction sans dimensions.

Fonction SIDENS

Cette fonction SIDENS(T) calcule la densité intrinsèque du silicium *ni*, en fonction de la température T . Si T est un objet-unité, il doit être réduit à un nombre pur et la densité est renvoyée sous forme d'objet-unité, avec des unités de $1/\text{cm}^3$. Si T est un nombre réel, on suppose que ses unités sont K, et la densité est renvoyée sous forme de nombre réel avec unités implicites de $1/\text{cm}^3$. T doit être comprise entre 0 et 1685 K.

SIDENS utilise T (niveau 1) et renvoie la densité.

Fonction TDELTA

TDELTA(T_2 , T_1) soustrait l'un de l'autre deux points pris sur une échelle de température, obtenant ainsi un *écart* de température (et non une température réelle). T_2 est la température finale, T_1 la température initiale. L'écart qui en résulte représente le changement de température. Si T_2 et T_1 sont des objets-unités, la différence est renvoyée sous forme d'objet-unité dans les mêmes unités que T_2 . Si ce sont des nombres réels, l'écart est obtenu sous forme de nombre réel.

Pour les objets-unités, l'écart est calculé différemment de la manière selon laquelle \boxminus le calcule. T_1 est convertie dans les unités de T_2 , les valeurs numériques sont soustraites et les unités ajoutées aux valeurs.

TDELTA utilise T_2 et T_1 (niveaux 2 et 1) et renvoie l'écart de température.

Fonction TINC

Cette fonction $TINC(T_1, \Delta T)$ ajoute un *écart* de température (et non une température réelle) à un point de l'échelle de température. Utilisez un écart négatif pour soustraire l'écart de la température. T_1 est la température initiale et ΔT est l'écart de température. La température obtenue est la température finale résultante. Si T_1 et ΔT sont des objets-unités, la température finale est obtenue sous forme d'objet-unité que T_1 utilise (l'argument placé en niveau 2, contrairement à ce qui se passe dans beaucoup d'opérations de gestion d'unités). S'il s'agit de nombres réels, la température finale est obtenue sous forme de nombre réel.

Pour les objets-unités, la température finale est calculée différemment de la manière avec laquelle \boxplus la calcule. ΔT est convertie en un *écart* sur l'échelle de température utilisé par T_1 , les valeurs numériques sont ajoutées et les unités suivent les valeurs.

TINC utilise T_1 et ΔT (niveaux 2 et 1) et renvoie la température finale.

Commande ELVERSION

Cette commande affiche le titre de la carte de la bibliothèque d'équations, le numéro de ce produit et le numéro de version du logiciel.

ELVERSION n'a pas d'action sur la pile opérationnelle.

Service d'assistance et service après-vente

Service d'assistance calculateurs

Si vous ne trouvez pas la réponse à vos questions dans ce manuel ou dans l'annexe A du *Manuel d'utilisation du HP 48*, vous pouvez obtenir des réponses concernant le fonctionnement de votre carte d'applications, contactez-nous au numéro de téléphone indiqué en troisième page de couverture, à l'arrière du manuel.

Comment vérifier la carte

Il suffit de mettre le calculateur sous tension et d'appuyer sur  **LIBRARY**. Le calculateur vérifie l'état des cartes d'applications dès sa mise sous tension. Si le message `Invalid Card Data` ou `Port Not Available` s'affiche dès la mise sous tension, la carte a besoin d'être réparée. Si le menu **LIBRARY** n'affiche pas les noms d'applications mentionnés au début du chapitre 1, la carte a probablement besoin d'être vérifiée. Assurez-vous toutefois, avant de prendre des mesures, que vous avez effectué votre installation correctement.

Pour procéder à une vérification du calculateur, consultez l'annexe A du *Manuel d'utilisation du HP 48*.

Environnement

Pour maintenir la fiabilité de votre carte d'applications HP 48, observez les limites de température et d'humidité suivantes :

- Température en fonctionnement : 0 à 45 °C (32 à 113 °F).
- Température de stockage : -20 à 60 °C (-4 à 140 °F).
- Humidité (de stockage et en fonctionnement) : 90 % d'humidité relative à 40 °C (104 °F) maximum.

Garantie

La carte est garantie par Hewlett-Packard contre tout vice de matière et de fabrication pour une durée d'un an à partir de la date de livraison, la facture d'achat faisant foi. Voyez le Manuel d'utilisation du HP 48 pour plus de détails.

Si la carte doit être réparée

Hewlett-Packard maintient des centres de service après vente dans de nombreux pays. Ces centres répareront votre carte ou la remplaceront par un modèle identique, ou par un modèle possédant des fonctions similaires ou supérieures, qu'elle soit ou non sous garantie. Les réparations sont facturées après la fin de la période de garantie. Voyez le *Manuel d'utilisation du HP 48* pour plus de détails à ce sujet.

Variable, indicateurs et identificateurs

Quatre variables réservées stockent des informations. Chaque répertoire peut contenir son propre ensemble de variables. *MHpar*, *Mpar* et *PTpar* sont des objets de type 26 (données de bibliothèques), qui ne peuvent être modifiés.

Variables réservées

Variable	Rôle
<i>MHpar</i>	Stocke la situation du jeu « Minehunt ».
<i>Mpar</i>	Stocke l'ensemble d'équations de l'algorithme de résolution d'un système de plusieurs équations.
<i>Nmines</i>	Stocke le nombre de mines à utiliser pour le jeu « Minehunt ». Si cette valeur est négative, les mines deviennent visibles durant le déroulement du jeu.
<i>PTpar</i>	Stocke la position du pointeur dans le tableau périodique des éléments.

L'état par défaut des trois indicateurs-utilisateur est « désarmé ».

Définitions des indicateurs-utilisateur

Indicateur	Nom	Désarmé	Armé
60	Type d'unités	Unités SI	Unités anglaises
61	Utilisation des unités	Utilisation	Non utilisation
62	Mode de paiement	Mode End	Mode Begin

La carte d'applications contient huit objets-bibliothèque. Un identificateur de bibliothèque unique (port et numéro) est associé à chaque objet-bibliothèque, mais l'identificateur dépend du port dans lequel vous avez installé la carte (port 1 ou port 2). Voir le chapitre « Utilisation de cartes enfichables et de bibliothèques » dans le *Manuel d'utilisation du HP 48*.

Noms de bibliothèques et identificateurs

Bibliothèque	Identificateur
EQLIB	:1:273 ou :2:273
PRTBL	:1:272 ou :2:272
COLIB	:1:271 ou :2:271
FIN	:1:270 ou :2:270
MES	:1:269 ou :2:269
UTILS	:1:268 ou :2:268
(Référence des équations)	:1:267 ou :2:267
(Catalogue des utilitaires)	:1:266 ou :2:266

Bibliographie

1. Dranchuk, P.M., R.A. Purvis et D.B. Robinson. « *Computer Calculations of Natural Gas Compressibility Factors Using the Standing and Katz Correlation* ». In *Institute of Petroleum Technical Series*, no. IP 74-008. 1974.
2. Gere, James M. et Stephen P. Timoshenko. *Mechanics of Materials*, 2d ed. PWS Engineering, Boston, 1984.
3. Halliday, David et Robert Resnick. *Fundamentals of Physics*, 3d ed. John Wiley & Sons, 1988.
4. Meriam, J.L. et L.G. Kraige. *Engineering Mechanics*, 2d ed. John Wiley & Sons, 1986.
5. Muller, Richard S. et Theodore I. Kamins. *Device Electronics for Integrated Circuits*, 2d ed. John Wiley & Sons, 1986.
6. Serghides, T.K. « *Estimate Friction Factor Accurately* », In *Chemical Engineering*, Mar. 5, 1984.
7. Siegel, Robert, and John Howell. *Thermal Radiation Heat Transfer*, Vol. 1. National Aeronautics and Space Administration, 1968.
8. Sze, S. *Physics of Semiconductors*, 2d ed. John Wiley & Sons, 1981.
9. Welty, Wicks, and Wilson. *Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer*. John Wiley & Sons, 1969.

D

Messages

Messages de la carte d'application

Message	Signification	# (hex)
All Variables Known	Il n'y a pas d'inconnues à rechercher.	10D05
Bad Molecular Formula	Formule incorrecte ou incomplète. Cherchez une ou des parenthèses manquantes ou des noms d'éléments incorrects.	11001
EQ Invalid for MINIT	EQ doit contenir au moins deux équations (ou programmes) et deux variables.	10D03
Illegal During MROOT	Commande de l'algorithme de résolution d'un système d'équations.	10D06
I%YR/PYR \leq -100	L'intérêt par période doit être supérieur à -100 %.	10E03
Invalid N	Tentative de calcul de l'intérêt annuel I%YR avec $N < 1$ ou $N \geq 10^{10}$.	10E04
Invalid Mpar	La variable <i>Mpar</i> n'a pas été créée par MINIT.	10D01
Invalid PYR	PYR doit être un nombre réel entier positif.	10E05

Messages de la carte d'applications (suite)

Message	Signification	# (hex)
Invalid #Periods	AMRT attend un nombre entier positif de périodes.	10E06
Many or No Solutions	Il est impossible de calculer la valeur de la variable I%YR. Vérifiez les valeurs stockées dans PV, PMT et FV. Vérifiez les signes.	10E02
No Solution	Il est impossible de calculer la valeur de la variable I%YR. Vérifiez les valeurs stockées dans PV, PMT et FV. Vérifiez les signes.	10E01
Single Equation	Une seule équation a été fournie à l'algorithme de résolution de systèmes d'équations. Utilisez l'application HP Solve.	10D02
Too Many Unknowns	L'algorithme de résolution de systèmes d'équations est incapable d'effectuer son calcul, le nombre de valeurs connues étant trop faible. Ajoutez une valeur connue ou une équation.	10D04
Undefined Constant	Le nom fourni à CONST ne se trouve pas dans la bibliothèque des constantes.	10F01
Undefined Element	L'élément fourni à PTPROP n'existe pas.	11002
Undefined Property	Le numéro de propriété fourni à PTPROP ne figure pas dans le tableau périodique.	11003
Undefined TVM Variable	Le nom de variable fourni à TVMROOT n'est pas N, I%YR, PV, PMT ou FV.	10E07

Index

A

- Actuelle, valeur, 122
- Affichage du tableau périodique, 100, 102
- Algorithme de résolution des systèmes d'équations, variables factices, 129
- Algorithme de résolution d'un système d'équations
 - changement des libellés de menu, 136
 - changement du titre de l'équation, 136
 - commandes, 137
 - comment y revenir, 133
 - crée *Mpar*, 131, 137
 - définition d'un ensemble d'équations, 131
 - estimations, 21
 - interprétation des résultats, 24
 - interruption, 19
 - le processus interne, 131
 - limitations des fonctions, 131
 - menu du solveur, 133
 - messages, 25
 - messages d'erreur, 148
 - ne peut trouver la solution, 25
 - processus interne, 24
 - programmation, 137
 - résolution d'équations, 130, 133
 - retour à l', 19
 - unités par défaut, 134
 - utilisation, 130
 - utilisation des unités, 134
 - utilise *EQ*, 131, 137
 - utilise le détecteur de racines, 130, 131
 - utilise les états des variables, 23
 - utilisé par la bibliothèque d'équations, 19, 23, 130
 - variables fictives, 112, 119
- Algorithme de résolutions, choix de l', 19
- Algorithme de résolution d'équations. *Voir ci-dessus et Equations* ; menu
- Algorithmes de résolution, lancé par la bibliothèque d'équations, 18
- Algorithmes. *Voir ci-dessus et HP Solve*, application ; algorithme de
- AMORT, commande, 129
- Amortissement
 - calcul, 126
 - conventions de signe, 120
 - description, 120
 - messages d'erreur, 148
 - mode d'affichage, 127

- modes de paiement, 120, 122, 127, 128
- programmation, 129
- Angle critique, 74
- Angle de Brewster, 74
- Anneau, 83
- Application HP Solve
 - avec un système d'équations, 27
 - interruption de l', 19
 - retour à l', 19
 - utilisée par la bibliothèque d'équations, 19, 22
- Applications, cartes, installation et retrait, 7
- Assistance calculateurs, département, 143

B

- Begin, mode, 120, 122, 127, 128
- Bibliographie, 147
- Bibliothèque, objets, 7
- Bibliothèque d'équations
 - choisit l'algorithme de résolution, 19
 - choix des unités, 16, 28
 - choix du système d'unités, 11
 - commandes, 30
 - destruction des variables, 17
 - examen des équations, 14
 - figures représentatives, 18
 - interprétation des résultats, 24
 - lancement de l'algorithme de résolution, 18
 - messages d'erreur, 148
 - noms des variables, 16
 - référence, 32
 - résolution d'équations, 11
 - résultats indésirables, 24
 - rubriques, 32
 - sujets, 11, 30
 - titres, 11, 30, 32
 - utilisation, 11

- utilisation d'un détecteur de racines, 11
- utilise la bibliothèque des constantes, 28
- utilise l'algorithme de résolution d'un système d'équations, 19, 23, 130
- utilise l'application HP Solve, 19, 22
- Bibliothèque des constantes
 - changement des valeurs, 119
 - choix des unités, 117
 - commandes, 118
 - contenu de la, 115
 - obtention des constantes, 117
 - programmation, 118
 - utilisée par la bibliothèque d'équations, 28
- Bibliothèque, identificateurs, 146
- Bibliothèques d'équations
 - catalogues, 14
 - opérations, 14
- Bibliothèques des constantes, utilisation de la, 115
- Bibliothèque d'équations. *Voir ci-dessus et Equations ; variables*

C

- Capacité thermique, 64
- Caractère accentué ϕ , 116
- Caractère ϕ , 116
- Caractères mis en valeur, dans un catalogue, 8
- Carte d'applications
 - environnement, 144
 - garantie, 144
 - réparations, 144
 - vérification, 143
- Cartes d'applications, installation et retrait, 7

- Cartes. *Voir* Cartes d'application
enfichables.
- Catalogue des constantes, 117
obtention des valeurs, 117
- Catalogue des unités, bibliothèque
d'équations, 28
- Catalogue des variables,
bibliothèque d'équations, 16
- Catalogues
 - bibliothèques d'équations, 14
 - constantes, 117
 - de progression, 26
 - déplacement au sein des, 9
 - descriptions des variables, 16
 - noms des éléments, 102
 - opérations dans les, 9
 - points de suspension, 9
 - propriétés des éléments, 102
 - saisies longues, 9
 - symboles chimiques des
éléments, 102
 - unités des variables, 16, 28
 - visualisation et choix, 8
- Catalogues des unités,
bibliothèque d'équations, 16
- Cercle, 81, 97
- Cercle de Mohr, 97
- Chaleur, 63
- Champ magnétique, 67, 68, 69
- Changement d'état, 60, 62
- Choix des unités, 28
 - affecte la solution des équations,
25
 - affecte les valeurs introduites,
19
 - affecte les variables, 18
 - bibliothèque d'équations, 11
 - bibliothèque des constantes,
116, 117, 118
 - changement, 17, 28
 - définition, 109, 117
 - définition du, 16
 - effet de la non spécification, 25
 - effet de la non utilisation, 28
 - tableau périodique, 109, 111
- Chute libre, 71
- Coefficient de compressibilité du
gaz, 62
- Coefficient de longueur, 34
- Cohérence des unités, 25
- Collisions, 57
- Collisions élastiques, 57
- Colonnes, 32
- Commandes
 - algorithme de résolution d'un
système d'équations, 137
 - bibliothèque d'équations, 30
 - bibliothèque des constantes, 118
 - tableau périodique, 111
 - utilitaires, 140
- Composants à jonction à transition
PN, 89
- Composants à semi-conducteur,
87
- Compressibilité des gaz, facteur,
140
- Condensateur, 45, 46, 48
- Conduction, 64, 65
- Cône, 84
- CONLIB, commande, 118
- CONST
 - commande, 118, 119
- Constantes, 115, 117, 118, 119
- Constantes, bibliothèque,
messages d'erreur, 148
- Contrainte, 32, 94
- Convection, 65
- Conversions, unités, 9
- Corps noir, rayonnement, 141
- Courant, 39, 67, 87
- Cylindre, 85

D

- DARCY, commande, 141
- dB, unité, 139
- Déformation, 94
- Déformation élastique, 34
- Densité, 100, 103, 104
- Détecteur de racines
 - utilisation d'estimations, 20
 - utilisé par la bibliothèque d'équations, 11
 - utilisé par l'algorithme de résolution d'un système d'équations, 24, 130, 131
- Détermination des valeurs des variables, 21
- Diagrammes de flux financiers, 120
- Dilatation isotherme, 60
- Diodes, 89
- Distance focale, 73

E

- Effort résistant, 58
- Electricité, 39
- Éléments
 - choix, 102
 - choix des, 102, 108
 - noms, 102
 - propriétés, 100, 102
 - propriétés des, 103, 104
 - symboles, 102
- Éléments des terres rares, 102
- Ellipse, 81
- ELVERSION, commande, 142
- End, mode, 120, 122, 127, 128
- Energie, 58
- energy, 44
- Enfichables, cartes. *Voir* Cartes d'application, ROM, cartes.
- EQ
 - création, 132

- créé par la bibliothèque d'équations, 18, 30
- utilisé par l'algorithme de résolution d'un système d'équations, 137

- utilisée par l'algorithme de résolution d'un système d'équations, 131

- EQ+ lie entre elles les équations, 132

- EQNLIB, commandes, 30

- Equations

- combinaison, 132

- conception, 131

- constante dans les, 118

- création, 132

- examen, 14

- figures représentatives des, 18

- les étapes de la résolution, 130

- limitations des fonctions, 131

- noms des variables, 16

- non utilisées, 26

- nouvelle résolution, 27

- placées dans la pile, 15

- présentation pour l'affichage, 14

- présentation pour le calcul, 14

- procédure de résolution, 11

- racines multiples, 20, 25

- rendues plus aisées à résoudre, 131

- résolution, 18, 21, 133

- solutions indésirables, 25

- trop d'inconnues, 25, 131

- utilisées dans la solution, 26

- variables dans les, 131

- Equations de Bernoulli, 52

- Erreur, messages, au moment de la mise sous tension, 143

- Estimations

- introduction, 20

- simplifie la détermination de la solution, 25

simplifient la recherche d'une solution, 25
 valeur en cours utilisée, 21

Etat
 des éléments, 100, 103, 104
 des valeurs calculées, 137
 des variables définies par l'utilisateur, 137
 d'une variable calculée, 24
 d'une variable définie par l'utilisateur, 24

Exemples
 amortissement d'un prêt, 127
 catalogue de progression du jet de projectile, 26
 changement du menu, équations de calcul du cône, 136
 compte d'épargne, 124
 équations concernant un cône, 132
 équations du cône résolues, 133
 équations du cône solutionnées à nouveau, 133
 estimation pour le problème de projectile, 22
 examen de la figure, 18
 examen d'équations, 15
 examen des variables, 17
 hypothèque avec paiement libératoire, 125
 jet d'un projectile, 12
 location vente, 126
 obtention des constantes, 117
 placer des unités dans un menu personnalisé, 139
 poids moléculaire, 110
 prêt, 123
 programme de thermodynamique, 31
 programme du tableau périodique, 112
 propriétés des éléments, 106
 tracé des propriétés, 108

TVM/amortissement program, 129
 unités pour les équations - exemple du cône, 135

Expansion thermique, 64

F

F0λ, commande, 66
 F0λ, fonction, 141
 Facteur de qualité, 47
 Facteurs de conversion, 9, 134
 FANNING, commande, 54
 FANNING, fonction, 140
 Figures, Bibliothèque d'équations, 18
 Finance, commandes, 128
 Finance, application
 amortissement, 126
 commandes, 128
 messages d'erreur, 148
 modes de paiement, 120, 122
 programmation, 128
 TVM, 121
 utilisation, 120

Flèches, dans un catalogue, 8
 Flexion, 34
 Force, 41, 55, 68
 Force centripète, 57
 Force électrostatique, 41
 Fréquence, résonance, 47
 Fréquence de résonance, 47
 Future, valeur, 122

G

Garantie, 144
 Gaz, 59
 Gaz parfaits, 59
 Gaz réels, 59
 Géométrie, 80, 84
 Géométrie dans l'espace, 84
 Géométrie plane, 80

Gmol, unité, 139
Gravitation, 58, 71, 72
Grossissement, 73

H

HP Solve, application, création de *EQ*, 132
HP Solve, application. *Voir ci-dessus et Equations* ; variables
Humidité, carte d'applications, 144

I

Illustration, bibliothèque d'équations, 30
Indicateur binaire de type d'unités (60), 118
Indicateur binaire de types d'unités (60), 30
Indicateur binaire d'utilisation des unités (61), 111
Indicateur binaire d'utilisation d'unités (61), 30, 118
Indicateurs
mode de paiement (62), 128
résumé, 145
type d'unités (60), 10
utilisation des unités (61), 10
Indicateurs binaires
type d'unités (60), 118
types d'unités (60), 30
utilisation des unités (61), 111
utilisation d'unités (61), 30, 118
Indice de réfraction, 73
Inductance, 46, 49
Intérêt, composé, 120

J

Jet de projectile, 71
Jonction, 89
Jonction à transition brutale, 93

L

lbmol, unité, 139
Libellés des menus
couleurs incorrectes, 25
indiquent les variables impliquées, 24, 26
indiquent l'état des variables, 23
modification de la couleur, 24
noir et blanc, 23
vérification des couleurs, 27
Libellés. *Voir* Libellés de menu.
LIBRARY, menu, vérification de la carte, 143
Loi de Coulomb, 41
Loi de Hooke, 57
Loi d'Ohm, 41
Lumière, 73

M

Magnetic field, 44
Magnétisme, 67
Masse, par rapport à l'énergie, 58
Masse atomique, 100
MCAL, commande, 24
MCALC, commande, 137
Mécanique, 56
Mécanique angulaire, 56
Mécanique des fluides, 50
Mécanique linéaire, 56
Mémoire, précautions, 7
Menu, algorithme
changement, 136
libellés, 136
modification, 137
titre, 136

Menu défini par l'utilisateur, 139
Menu personnalisé, 31
Menu, touches, dans un catalogue,
9

Messages

au moment de la mise sous
tension, 143
numéros, 148
pendant la résolution des
équations, 25
résumé, 148

Messages d'erreur

numéros, 148
pendant la résolution des
équations, 25
résumé, 148

MHpar, 138, 145

Minchunt, jeu, 138

MINIT, commande, 132, 136, 137

MITM, commande, 136, 137

Mode

Begin, 127
End, 127

Mode angulaire, 28

Mode Begin, 120, 122

Mode d'affichage, 127

Mode d'angle, 116

Mode de paiement, indicateur
(62), 145

Mode End, 120, 122

Modes de paiement, 120, 122, 127

modes de paiement, 128

MOLWT

commande, 111, 112, 113

Mouvement, 69

Mouvement angulaire, 71

Mouvement circulaire, 72

Mouvement harmonique, 76

Mouvement linéaire, 70

Mpar

changement du menu, 136
création, 132, 137
créé par la bibliothèque

d'équations, 18, 30
créé par l'algorithme de
résolution d'un système
d'équations, 131, 145

MROOT, commande, 137

MSOLVR, commande, 30, 137

MUSER, commande, 24, 137

N

Nmines, 138, 145

Nom

des éléments, 100, 103, 104

Nombre de masse, 103, 104

Noms, des éléments, 102

Noms réservés, 145

Numéro atomique, 100, 103, 104

O

Objets-bibliothèque, 146

Objets-unités, 9

Ondes, 98

Ondes acoustiques, 99

Ondes longitudinales, 99

Ondes transversales, 98

Optique, 73

Oscillations, 76

Ouvrages de référence, 147

P

Paiement, mode de, indicateur
(62), 128

Paiement, modes, 120

Paiements, 122, 127

Parallélépipède, 86

Pendule, 78, 79

PERTBL, commande, 111

Perte de charge, 53

Pertes par friction, 54

PICT, 18, 30

Pile

perte du contenu, 7
placer le poids moléculaire dans
 la, 110
placer les constantes dans la,
 117
placer les équations dans la, 15
placer les propriétés dans la,
 102
propriétés dans la, 103
Poids atomique, 100, 103, 104
Poids moléculaire
 à placer dans la pile, 110
 calcul du, 102, 109, 111, 113
 restrictions des noms, 113
 syntaxe de la formule, 109
Polarisation, 74
Polygône, 82
polytropic processes, 60
Porte-à-faux, 32
Ports
 HP 48, 7, 146
Poutres, 32
Présentation pour l'affichage,
 équations, 14
Présentation pour le calcul,
 équations, 14
Pression, hydrostatique, 51
Pressure, pseudo-critique, 140
Problèmes, résolution. *Voir*
 Bibliothèque d'équations,
 sujets, titres.
Programmation
 algorithme de résolution d'un
 système d'équations, 137
 bibliothèque des constantes, 118
 finance, 128
 tableau périodique, 111
 utilitaires, 140
Progression, catalogues, 26
Propriétés des éléments
 annotées, 104
 catalogue, 102
 liste des, 103, 104

numéros, 103, 104
obtention des, 100, 102, 111, 112
placées dans la pile, 102, 103
traçage, 107
types d'objets, 103, 104
PTpar, 145
PTPROP
 commande, 111, 112

R

Racines
 multiples, 20, 25
Rayonnement du corps noir, 66
Réactance, 45
Rectangle, 82
Réflexion, 75
Réfraction, 73
Réparations, carte d'applications,
 144
Répertoires, 19, 119, 145
Résistance, d'un fil, 43
Ressort, 57, 77
Retard de phase, 45
ROM, cartes. *Voir* Cartes
 d'application, problèmes.
rpm, unité, 139
Résolution de problèmes. *Voir*
 Equations, sujets.
Résolution de systèmes
 d'équations.

S

Service, carte d'applications, 144
SIDENS
 commande, 89, 90, 93
SIDENS, commande, 141
Signal sinusoïdal, 50
Silicium, densité intrinsèque, 141
Solénoïde, 49, 68
SOLVEQN, commande, 32
SOLVEQN, commandes, 30

Solver, menu, les libellés, 133
Sphère, 86
STO, 24, 134
Symbole chimique
des éléments, 103, 104, 109
Symboles chimiques
des éléments, 100, 102
Système d'unités, choix du, 11

T

Tableau périodique
affichages, 101
catalogue, 101
choix des unités, 109
commandes, 111
examen des noms des éléments,
102
examen des symboles
chimiques, 102
messages d'erreur, 148
obtention des propriétés, 102,
112
poids moléculaire, 109, 113
programmation, 111
traçage des propriétés, 107
utilisation, 100
Taux d'intérêt, 122, 127
TDELTA, commande, 141
Température
augmentation, 141
carte d'applications, 144
écart, 142
pseudo-critique, 140
Tension, 39, 87
Thermodynamique, 63
TINC, commande, 142
Titres. *Voir* Bibliothèque
d'équations, titres.
Tore, 49, 69
Touches de menu, dans un
catalogue, 9
Traçage des propriétés des

éléments, 107
Transistors, 87
Transistors à effet de champ à
jonction, 93
Transistors bipolaires, 92
Transistors bipolaires NPN, 92
Transistors NMOS, 90
Triangle, 83
TVM
calcul, 121
conventions de signe, 120
description, 120
messages d'erreur, 148
modes de paiement, 120, 122,
128
programmation, 128
TVM, commande, 128
TVM, menu, 122, 127
TVMBEG, commande, 128
TVMEND, commande, 128
TVMROOT, commande, 128, 129
Type d'unités, indicateur binaire
du type (60), 10
Type d'unités, indicateur (60), 145

U

Unités
affectent les résultats, 25
changement, 28
cohérence, 25
conversions, 9, 20, 134
dB, 139
définies par l'utilisateur, 139
gmol, 139
implicites, 10, 25, 28
indésirables, 25
indicateur binaire du type (60),
10
indicateur binaire d'utilisation
(61), 10
initialisation, 18, 134

lbmol, 139
leur influence détermine les
 types d'objets, 9
leur influence sur les résultats, 9
non utilisées, 10
problèmes avec les unités
 cycliques, 20
problèmes de non utilisation, 28
problèmes en cas de non
 spécification, 25
rpm, 139
température, 141, 142
types, 9
utilisation, 9, 19, 134
Unités définies par l'utilisateur,
 139
Unités, options
 conséquences des choix, 9
 description, 9
Unités, type, indicateur (60), 145
Unités. *Voir* Options d'unités,
 anglo-saxonnes et SI.
Utilisation des unités, indicateur
 (61), 145
Utilisation ou non utilisation des
 unités, indicateur binaire
 d'utilisation (61), 10
Utilitaires, application
 commandes, 140
 contents, 138
 jeu «Minehunt», 138
 unités définies par l'utilisateur,
 139

V

Valeur actuelle, 122, 127
Valeur future, 122, 127
Variables
 catalogue des descriptions, 16
 catalogue des unités, 16, 28
 changement d'état, 24, 137
 changement d'unités, 28

chercher leurs valeurs, 137
conception des équations, 131
destruction des, 17
détermination des valeurs, 21
état des, 23
états incorrects, 25
impliquées dans la solution, 24,
 26
initialisation, 18, 21
introduction des unités, 19
introduction des valeurs, 19
introduction d'estimations, 20
non décelées, 131
rappel des valeurs, 19
révision des valeurs, 27
solutions indésirables, 25
trop de valeurs connues, 26
trop d'inconnues, 25, 131
valeurs trouvées, 26
vérification de l'état des, 27

Vibrations, 98

Vitesse de libération, 72

Vitesse en Mach, 61

Vitesse terminale, 72

Z

ZFACTOR, commande, 62

ZFACTOR, commande, 140

Comment contacter Hewlett-Packard

Renseignements sur l'utilisation du calculateur. Si vous avez des questions relatives au fonctionnement du calculateur et que vous ne pouvez trouver de réponse dans ce manuel (après avoir consulté **Réponses à des questions fréquemment posées**, l'index et la table des matières) ou dans le manuel de référence, consultez votre **distributeur Hewlett-Packard** ou bien adressez-vous directement à :

Pour la France :

Appelez le numéro d'assistance
téléphonique calculateurs :
(1) 40 89 00 08

Pour la Belgique :

Tél. : (02) 762-32.00

Pour la Suisse francophone :

Tél. : (022) 780.81.11

Pour le Canada francophone :

Tél. : (514) 697-42.32

L'annexe A indique comment déterminer si le calculateur nécessite réellement une réparation. Elle indique également comment procéder pour faire réparer votre calculateur.

HP Calculator Bulletin Board System. Le service Bulletin Board permet l'échange de logiciels et d'informations entre utilisateurs de calculateurs HP et concepteurs de programmes. Il fonctionne à 300/1200/2400 bauds, full duplex, no parity, 8 bits, 1 bit d'arrêt. Le téléphone est 1 (503) 750-4448. Le service est gratuit, mais les frais de communication sont à votre charge.

Table des matières

Page	7	1 : Introduction
	11	2 : Bibliothèque d'équations
	32	3 : Description des équations
	100	4 : Tableau périodique des éléments
	115	5 : Bibliothèque des constantes
	120	6 : Finance
	130	7 : Algorithme de résolution de systèmes d'équations
	138	8 : Utilitaires
	143	A : Assistance et service après-vente
	145	B : Variables, indicateurs et identificateurs
	147	C : Bibliographie
	148	D : Messages
	151	Index



82211-90007

Edition 1

Français/French

Imprimé en Canada 6/90