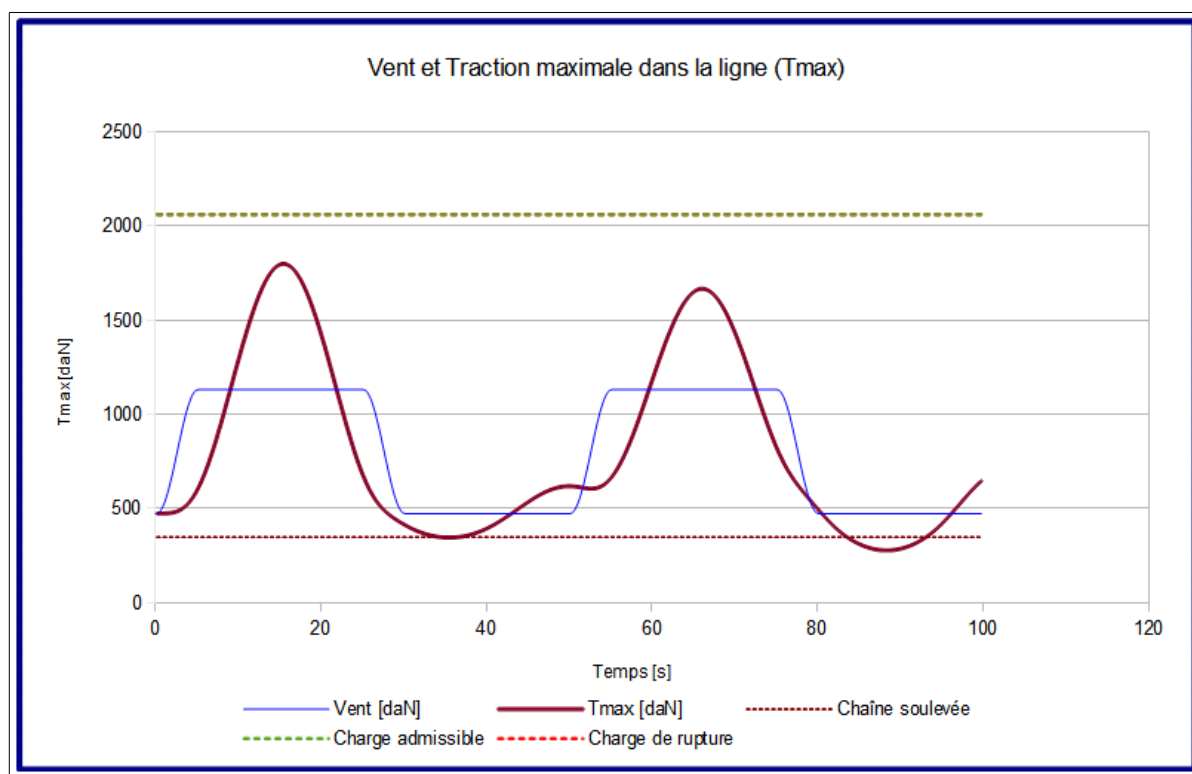


Tableau de calcul de Thoë

Guide d'utilisation



© Copyright Pierre Lang 2013-2014

Le Logiciel et le Livre sont soumis à la législation sur les droits d'auteur.

Tous droits réservés pour tous pays.

Éditeur responsable : Pierre Lang, Avenue Clémentine 10, B-1190 Bruxelles

www.thoe.be

Date de mise à jour : 9 janvier 2014



*Iris, messagère des dieux Grecs
Figure de proue de Thoè*



IRISoft Yacht (Pierre Lang) est distributeur exclusif des hélices à mise en drapeau FeatherStream, (monde entier francophone excepté Canada)

Pensez à le consulter !

www.FeatherStream.fr

Sommaire

TABLEAU DE CALCUL DE THOË.....	6
1. CONDITIONS D'UTILISATION LIMITEE.....	6
1.1. Définitions.....	6
1.2. Droits d'auteur.....	6
1.3. Rejet de responsabilité et droits d'utilisation du Livre composite.....	6
1.4. Conditions particulières concernant l'eBook.....	6
1.5. Conditions particulières d'utilisation du Logiciel.....	6
De la version "Pro" à la version "Free".....	7
Téléchargement gratuit (version "Free").....	8
Code d'activation personnel (versions "Skipper" et "Pro").....	8
Garantie logicielle limitée.....	8
1.6. Acceptation des Conditions d'Utilisation limitée.....	8
2. LECTURE DE L'EBOOK.....	9
2.1. Pourquoi aussi un livre ?.....	9
2.2. Liens hypertextes.....	10
3. GUIDE D'UTILISATION DU TABLEAU DE CALCUL.....	11
3.1. Vocabulaire.....	11
3.2. Compatibilité.....	11
Compatibilité "officielle".....	12
3.3. Support.....	12
Plantage éventuel de LibreOffice ou Open Office.....	12
Bogues et erreurs de programmation du tableur.....	13

Support personnalisé limité.....	13
Mises à jour.....	13
Liens.....	13
3.4. Comment activer les versions “Skipper” et “Pro” :.....	14
Attention !.....	14
3.5. Quelles sont les fonctionnalités du Tableau de Calcul ?.....	14
À quoi sert-il ?.....	14
De quoi tient-il compte ?.....	14
De quoi ne tient-il pas ou tient-il mal compte mal ?.....	15
Quel est le niveau de précision des résultats ?.....	15
De quoi la ligne de mouillage se compose -t-elle ?.....	16
3.6. Comment utiliser les feuilles de calcul ?.....	17
Signification des couleurs des cellules.....	17
3.7. PAN-PAN PAN-PAN PAN-PAN !.....	17
Feuilles de calcul.....	18
Remarque.....	18
3.8. ATTENTION.....	18
Première utilisation.....	18
Interprétations des pages “Force” et “Line”.....	19
4. UTILISATION DES PAGES.....	19
4.1. Utilisation de la page “Help” (Configuration).....	19
4.2. Utilisation de la page “Force”.....	19
Conditions de mouillage.....	19
Calcul du fardage.....	20
Fardage statique.....	22
4.3. Utilisation de la page “Line”.....	22
Vocabulaire.....	22
Caractéristiques de la ligne.....	23
Forces de fardage.....	23
Coefficients de sécurité.....	24
Contrôles et vérifications.....	24
4.3. Utilisation de la page “Cockpit”.....	25
Introduction.....	25
Tenue de l'ancre.....	25
Tenue de la ligne.....	26
Pourquoi faire ces différences ?.....	26
Simuler ou ne pas simuler, voilà une autre question !.....	26
Non, la page “Simul” ne se disqualifie pas elle-même !.....	27
Spécifications.....	27

Caractéristiques du bateau.....	28
Simulation.....	28
Profil du vent.....	28
Paramètres de simulation.....	29
Configuration.....	30
Charge maximale de la ligne dans les simulations.....	31
Options du mode pseudoélastique.....	31
Pertes par frottement.....	31
Amortissement des embardées.....	32
Configuration.....	32
4.4. Utilisation de la page “Graph”.....	33
Graphique “Forces au mouillage”.....	33
Graphique “Position par rapport à l'ancre”.....	35
Graphique “Angulation de la ligne”.....	35
Graphique “Vitesse et Accélération”.....	36
Graphique “PseudoElasticité de la ligne”.....	37
Graphique “Traction verticale sur l'ancre”.....	38
4.5. Utilisation de la page “Data”.....	39
Pourquoi la page “Data” ?.....	39
Sauvegarder les données.....	39
Trier un tableau.....	40
Tables “Matière”, “Tressage” et “Fabricant”.....	40
Table “Caractéristiques des lignes”.....	41
Liste de simulations et de bateaux.....	43

Tableau de calcul de Thoë

1. CONDITIONS D'UTILISATION LIMITEE

1.1. Définitions

Le livre imprimé (Livre), sa version électronique (eBook) et les feuilles de calcul associées (Logiciel) forment un ensemble appelé ci-dessous le "Livre composite".

L'eBook et le Logiciel sont diffusés séparément sous forme électronique.

1.2. Droits d'auteur

Comme tout livre écrit par un auteur et publié par un éditeur, le Livre composite est protégé par les législations nationales, européennes et internationales en vigueur sur les droits d'auteurs.

© Copyright Pierre Lang 2013-2014. Tous droits réservés, texte, photographies et logiciel, pour tous pays.

1.3. Rejet de responsabilité et droits d'utilisation du Livre composite

Le Livre composite est à considérer comme un [partage d'expérience](#) ou une [expérience de l'auteur](#) avec les erreurs de perception et d'appréciation ainsi que les aléas favorables ou défavorables que cela peut comporter. L'auteur ne peut être tenu responsable des erreurs, des bogues informatiques et des omissions éventuels.

Les informations contenues ou produites par le Livre composite sont communiquées de bonne foi, sans engagement de l'auteur. Si le lecteur utilise ces informations, il le fait à ses propres risques et périls et assume l'entière responsabilité pour les dommages et blessures éventuels causés aux biens et aux personnes. L'auteur ne pourrait en aucun cas être tenu responsable de l'utilisation qui serait faite desdites informations.

1.4. Conditions particulières concernant l'eBook

Lecture. Vous pouvez lire l'eBook sur autant d'ordinateurs que vous voulez à condition que ces ordinateurs vous appartiennent, et conserver une copie de sauvegarde. Vous ne pouvez pas enregistrer l'eBook sur d'autres ordinateurs, que ce soit de manière temporaire ou permanente.

Copie imprimée. Vous pouvez conserver l'eBook sous forme imprimée [en un seul exemplaire](#). Si cet exemplaire est abîmé, vous pouvez l'imprimer de nouveau, à condition de détruire le premier. Vous ne pouvez pas créer de copie électronique du Livre ou de l'eBook imprimé.

Transmission limitée. Comme un livre imprimé acheté en librairie, vous pouvez prêter, SOUS VOTRE RESPONSABILITÉ, votre exemplaire imprimé (uniquement votre exemplaire imprimé) à un tiers, pour maximum deux semaines. Ni vous ni lui ne pouvez en faire de copie par quelque moyen que ce soit. Vous ne pouvez ni le donner, ni le louer, ni le vendre. Vous ne pouvez pas prêter le Livre et l'eBook sous forme électronique.

Interdiction de transfert. Vous ne pouvez pas transférer l'eBook à un tiers, ni sous forme imprimée, ni enregistrée sur un support matériel, électronique ou autre (CD, DVD, disque dur, clef, carte ou autre type de mémoire, microfilm, etc.) ni via un réseau informatique (Internet, Email, FTP, transfert de fichier, etc.). Vous ne pouvez pas mettre l'eBook à disposition d'autres utilisateurs sur un serveur de fichiers, sur un site ou un serveur Internet, sur un forum d'utilisateurs, etc.

Traduction. Vous ne pouvez pas traduire ce livre dans autre langue sans [l'accord écrit et préalable](#) de l'auteur.

1.5. Conditions particulières d'utilisation du Logiciel

Le Logiciel a été créé de bonne foi, avec les erreurs et omissions que cela peut comporter. Il ne remplace en aucun cas le recours à un Homme de l'Art lors de la construction, de l'équipement ou de l'utilisation de votre navire.

L'auteur décline toutes responsabilités quant à l'utilisation ou les conséquences de l'utilisation de ce Logiciel, vis-à-vis de vous et des tiers. Vous assumez seul les conséquences d'incidents, d'accidents, de dégâts matériels ou de blessures survenant après l'utilisation de cette feuille de calcul. En l'utilisant et en utilisant ses résultats, vous assumez l'entière responsabilité de l'exploitation desdits résultats, dans quelque activité que ce soit.

Le logiciel et tous ses éléments constitutifs (fichiers) sont archivés dans un fichier au format ZIP appelé "fichier ZIP". L'ensemble forme un tout indissociable appelé "version Free".

Vous ne pouvez pas :

- Modifier, ajouter ou supprimer des fichiers se trouvant dans le fichier ZIP original.
- Modifier, décompiler, déprotéger, créer d'oeuvre dérivée à partir du Logiciel, etc.
- Transférer à des tiers un autre fichier ZIP que celui que vous avez téléchargé du site de Thoë.
- Communiquer votre clef d'activation personnelle à des tiers.
- Utiliser une clef d'activation qui ne vous appartient pas.

Vous pouvez exclusivement :

- Utiliser le Logiciel tel que décrit dans le Guide d'utilisation.
- Transférer à des tiers la version "Free" telle que vous l'avez téléchargée du site de Thoë.

Ce logiciel existe en trois versions qualifiées de "Free", "Skipper" et "Pro".

- La version "Free" vous permet, avant de l'acheter, de vérifier qu'il est conforme à vos attentes. Elle concerne des cas réalistes, qui ont sans doute peu de chance de correspondre parfaitement à votre cas particulier ou à vos besoins.
- La version "Skipper" est utilisable de manière non commerciale, par les navigateurs et les propriétaires de bateaux.
- La version "Pro" est la version professionnelle utilisable à des fins ou dans un cadre professionnel, tels que les architectes navals, les entreprises de locations de bateaux, etc.
- Les écoles peuvent obtenir gratuitement un code d'activation en s'adressant à l'auteur.

De la version "Pro" à la version "Free"

La version "Pro" n'a pas de limitations.

La version "Skipper" est limitée à deux bateaux ou simulations.

La version "Free" contient les mêmes fonctionnalités que les versions "Skipper" et "Pro", mais avec les limitations suivantes.

Caractéristiques du bateau
Sélectionner un profil => **Thoë-01** (Voir page « Data »)
Correction ! Version 'free', le mode ~Manuel a été imposé

Longueur à flottaison (LWL) **12,0** **Correction ! La version 'free' est limitée à 12 m**

Correction ! La version 'free' est limitée des rafales de 300 daN

Correction ! La version 'free' est limitée à des rafales de 30 kts

*Les limitations sont imposées dans la page "Cockpit"
En cas de dépassement, le tableau choisit la valeur maximale (en rouge sur fond bleu) et
affiche le message "Correction !"*

Téléchargement gratuit (version “Free”)

La version “Free” est téléchargeable gratuitement du site de Thoè ou du Blog de Thoè à l'adresse ci-dessous. C'est la seule adresse officielle. Si vous avez obtenu une copie du Logiciel par un autre moyen, je vous conseille vivement de télécharger une copie de la version originale la plus récente à l'adresse www.thoe.be/mouillage/update.php.

Code d'activation personnel (versions “Skipper” et “Pro”)

Pour activer ces versions, il suffit d'entrer vos données personnelles d'activation dans la version “Free” (le même tableau fonctionne dans les trois modes).

Garantie logicielle limitée

Le tableau de calcul doit être considéré comme un outil didactique destiné à commenter la réalité et non à la représenter de manière exacte. C'est un outil de vulgarisation et non un logiciel professionnel d'engineering ou d'architecture navale ou équivalent.

L'Utilisateur a eu la possibilité de vérifier le fonctionnement du logiciel avant l'achat, au moyen de la version “Free”. Le tableau est fourni dans l'état où il se trouve au moment de l'achat de la clef d'activation. Il est garanti, pendant une période de 3 mois à dater de l'envoi de la clef d'activation, que ses fonctionnalités sont conformes à celles décrites dans le Guide d'utilisation.

Cette garantie est limitée aux erreurs de programmation des cellules du tableur, à l'exclusion de l'adéquation à une application donnée des résultats qu'il produit. L'auteur ne donne aucune garantie en ce qui concerne d'adéquation des algorithmes utilisés avec la réalité.

Dans le cadre de l'application de la garantie, l'auteur n'est pas tenu à une obligation de résultat, mais à une obligation de moyens en rapport avec le prix public du logiciel. En cas de défaut, l'auteur se réserve le droit soit de corriger l'erreur soit de rembourser l'Utilisateur des montants réellement perçus, à l'exclusion de toute autre somme qui pourrait lui être réclamée au titre de dommage et intérêt.

L'auteur se réserve le droit de publier de nouvelles versions et de modifier certaines fonctionnalités, sans notification préalable.

1.6. Acceptation des Conditions d'Utilisation limitée

En lisant l'eBook ou en utilisant le Logiciel, vous confirmez avoir lu, compris et accepté toutes les clauses des Conditions d'Utilisation.



*Parfois il arrive que le temps ne soit pas aussi serein
le 11 juillet 2013 (Dynjandi, Islande)*

2. Lecture de l'eBook

2.1. Pourquoi aussi un livre ?


Un livre et un tableur ont chacun leur spécificité en ce qui concerne les possibilités d'expression. Ce sont deux manières différentes d'aborder un même thème, qui se complètent l'une l'autre. Le livre associé au logiciel permet notamment de :

- Décrire des cas vécus.
- Décrire le comportement d'une ligne de mouillage de façon plus intuitive, en faisant plus appel à la logique qu'aux formules mathématiques, qui ne l'oublions pas se complètent l'une l'autre, puisqu'elles représentent **la même réalité**.
- Répondre à la question "comment diminuer les efforts sur le mouillage ?"
- Répondre à la question "comment mouiller dans le gros temps ?"

- Expliquer pourquoi et comment les feuilles de calcul ont été développées.
- Expliquer comment utiliser au mieux ces feuilles de calcul et surtout comment les interpréter.
- Etc.

2.2. Liens hypertextes

Si vous lisez le livre sous forme électronique (eBook) sur votre ordinateur, vous pouvez bénéficier de liens hypertextes insérés dans le texte.

- Le symbole  se trouvant en bas de chaque page permet de revenir à la table des matières.
- Cliquer sur une ligne de la table des matières permet de sauter directement à la section choisie.
- Cliquer sur une URL (adresse d'une page ou d'un site Web) permet d'afficher cette page dans le navigateur.
- Les codes insérés entre crochets dans le texte, par exemple [AP], renvoient à la [bibliographie](#).

Assurez-vous que votre lecteur d'eBook ou de fichier PDF supporte les liens hypertextes, par exemple Adobe Acrobat

Liens

- Acrobat : <http://get.adobe.com/reader/otherversions>
- Foxit : www.foxitsoftware.com/downloads



3. Guide d'utilisation du Tableau de Calcul



*Au mouillage
6 juillet 2013 (Raudisandur, Islande)*

3.1. Vocabulaire

Un logiciel-tableur, ou plus simplement un *tableur* (Spreadsheet), est le logiciel hôte dans lequel des *feuilles de calcul* (worksheet) sont composées. En langage informatique ce logiciel est considéré comme un *interpréteur* exécutant les *instructions* (formules) se trouvant dans les *cellules* de ses feuilles de calculs. Plusieurs *pages* ou *feuilles de calcul* peuvent être rassemblées dans un même document appelé *tableau* ou *classeur* (Workbook).

Dans le texte, j'utiliserai les mots "tableur" et "tableau" tels que définis ci-dessus et le mot "page" pour désigner les feuilles de calcul contenues dans le "tableau" (ou classeur).

3.2. Compatibilité

Petite histoire d'un développement informatique

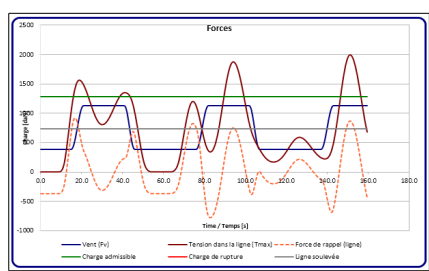
Ce sujet est réservé aux lecteurs qui s'intéressent aux petites histoires, parfois parsemées d'embûches, des développeurs informatiques.

Le tableau de calcul est développé en utilisant un tableur de type Open Source (gratuit et supportant plusieurs *systèmes opératoires*), pour ne pas vous obliger à acquérir un logiciel onéreux tel que Microsoft Office ou autre. C'est à la fois une noble intention et un élément de preuve qui montre qu'il faut être riche pour acheter gratuit ou faire des économies !

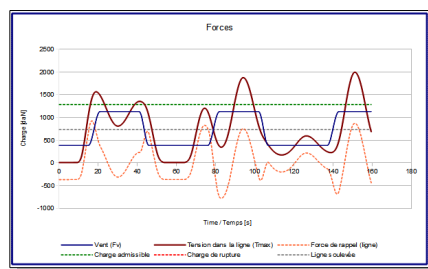
Le tableau a été initialement développé sous Open Office 3.4.1 (OO). Il fallait cependant passer à la version la plus récente, avant de le mettre à disposition du public. Les développeurs de Open Office 4.0.0 l'avait prématurément considéré comme stable malgré de gros problèmes d'affichage rendant le tableur inutilisable. Sa version 4.0.1 rapidement sortie provoque des plantages lors de l'insertion de lignes. Le développement s'est alors poursuivi avec la dernière version de LibreOffice 4.1.3.2 (LO) apparemment plus stable et sans doute mieux supporté par ses développeurs. De son côté, LibreOffice pose, au moins sur mon ordinateur, des problèmes de réactualisation de l'affichage. En revenant en arrière à Open Office 3.4.1, par souci de vérification, il s'avère que l'on perd les noms de zones et on gagne des perturbations dans la définition des graphiques, quand on édite les feuilles de calculs. Mais l'utilisation du tableau semble poser moins problème que Libre Office 4.1.3.2 !

C'est pourquoi j'ai décidé de porter le tableau sous Microsoft Excel 2013, produit commercial certainement plus stable, pour ne pas me noyer dans les instabilités éventuelles d'autres produits. La comptabilité de LibreOffice, Open Office et des documents Open Source (fichiers ODS) avec Excel n'est pas immédiate. Certaines fonctions sont incompatibles ou ne se comportent pas de la même manière. Excel ne comprend pas toutes les informations sauvegardées dans les fichiers ODS, les combobox se perdent, il refuse d'ouvrir les fichiers ODS sous le prétexte qu'ils contiennent une ou plusieurs pages protégées par mot de passe, etc.

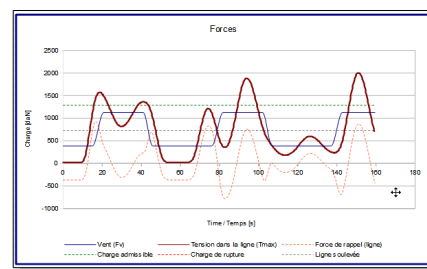
Développement et utilisation étant deux activités différentes, le tableau devrait être compatible avec LibreOffice et Open Office, tous deux étant issus du même code source, mais évoluant indépendamment l'un de l'autre. Il est aussi compatible avec Microsoft Office 2013 (fichier XLSX) et très certainement avec les versions récentes d'Excel 2010 (peut-être aussi Excel 2007), mais pas avec les plus anciennes versions telles qu'Excel 2000, car le tableau était limité à 256 colonnes.



Excel 2013



LibreOffice



Open Office

Compatibilité “officielle”

La distribution du Tableau de Calcul de Thoë contient en réalité le même tableau dans deux formats de fichiers (ODS et XLSX) exploitables en fonction du tableur-hôte utilisé.

Le Tableau de Calcul de Thoë nécessite l'un des environnements suivants :

- Microsoft Excel 2013, à condition d'utiliser exclusivement le fichier [thoe-calcul-mouillage.xls](#).
- LibreOffice 4.x ou Open Office 4.x.x, à condition d'utiliser uniquement le fichier [thoe-calcul-mouillage.ods](#).
- Quoique Libre Office, Open Office et Excel sachent tous les trois lire les fichiers ODS et XLSX, les tableaux de calcul [thoe-calcul-mouillage.ods](#) et [thoe-calcul-mouillage.xlsx](#) ne fonctionnent qu'avec leur logiciel hôte respectif.
- Le tableau de calcul est relativement volumineux (il utilise 40.000 cellules). Il nécessite un ordinateur capable de supporter confortablement ces applications. C'est le cas pour la plupart des ordinateurs récents. À titre d'exemple, le PC portable Samsung utilisé pour le développement est un *Intel(R) Core(TM) i7-2630QM CPU @ 2.00GHz*

La compatibilité du tableau de calcul avec d'autres versions de LibreOffice, Open Office et Excel est hautement probable, mais doit être considérée comme non vérifiée et non garantie. La garantie de compatibilité doit principalement venir de l'éditeur des versions successives de son logiciel-tableur, et accessoirement du développeur d'un tableau. Il faut cependant noter que ces éditeurs ont intérêt à maintenir la compatibilité d'une version à l'autre.

3.3. Support

Plantage éventuel de LibreOffice ou Open Office

Malheureusement, ce qui est gratuit n'a pas automatiquement plus d'avantages que ce qui ne l'est pas ! Je suis donc obligé de prendre les précautions suivantes, pour être équitable et éthique avec vous et pour ne pas me trouver en défaut avec ma propre déontologie.

On peut affirmer que ni LibreOffice ni Open Office ne sont idéalement stables. Ces logiciels se plantent malheureusement de temps en temps. Dans ce cas, il suffit de les redémarrer, car ils sont pourvus d'un système efficace

de récupération des données. Les eBooks que j'écris sont très volumineux à cause des nombreuses photographies qu'ils contiennent. Le tableau de calcul est une grosse application. Malgré un nombre considérable de plantages, je n'ai jamais été victime de perte d'information importante. Je peux donc affirmer, pour ce qui concerne en particulier le tableau de calcul, que les objectifs fixés ont été atteints en termes de fonctions et de résultats.

Un tableau de calcul ne peut jamais provoquer le plantage du logiciel tableur qui calcule les cellules. Si un logiciel tableur (LibreOffice, Open Office ou autre) se plante, c'est qu'il y a un bogue dedans.

De même, le résultat du calcul d'une cellule ne doit pas être affecté par la programmation du tableau lui-même. Si la formule est correcte, le résultat doit être juste et précis, car c'est la fonction de base d'un logiciel tableur. Si, par exemple, un graphique n'est pas mis à jour chaque fois après qu'une donnée dans une cellule a été modifiée, on peut supposer que le logiciel tableur pose problème. Dans ce cas, je ne sais malheureusement faire qu'une chose : conseiller à l'utilisateur de contacter le support de LibreOffice ou d'Open Office.

En cas de plantage ou de bug dans LibreOffice ou Open Office, veuillez contacter le support de leur éditeur respectif

Liens

- www.libreoffice.org
- www.libreoffice.org/default
- www.openoffice.org
- www.openoffice.org/fr

Bogues et erreurs de programmation du tableur

PAN PAN - PAN PAN - PAN PAN Forcer le recalcul de la feuille Réactualiser l'affichage	Ctrl+Shift+F9 F9 Cliquer sur l'onglet d'autre page et revenir	Recommandé avec LibreOffice et Open Office Excel
--	---	---

L'auteur d'un tableau de calcul peut bien évidemment faire des erreurs (il est humain !) en introduisant les formules dans les cellules d'une feuille de calcul. Si j'ai fait des erreurs et que la feuille de calcul donne des résultats erronés ou aberrants, n'hésitez pas à me contacter via le formulaire du site de Thoë (www.thoe.be). Je ferai tout ce qui est en mon pouvoir pour répondre et remédier rapidement au problème éventuel, sans obligation de résultat.

***En cas de résultats aberrants, erronés ou d'erreur de conception du tableau, merci de :
consulter la rubrique FAQ du site (questions fréquemment posées)***

Support personnalisé limité

Le Tableau de Thoë est distribué dans l'état où il se trouve, avec un support limité via son site Internet. Dans ce cadre, un support personnalisé ne peut avoir lieu que pour des questions générales intéressant l'ensemble des utilisateurs, à condition que l'information recherchée ne soit pas préalablement disponible sur le site Internet.

Mises à jour

Dans la mesure du possible et en fonction des nécessités, des mises à jour seront mises en ligne sur le site de Thoë.

Liens

- www.thoe.be
- www.thoe.be/blog
- www.thoe.be/contact

- www.thoe.be/support

3.4. Comment activer les versions “Skipper” et “Pro” :

Votre clef d'activation personnelle	
Niveau :	Commandez votre clef d'activation personnelle à « La Bootik de Thoë »
Prénom :	La Bootik de Thoë vendra aussi le livre associé, quand il sera disponible.
Nom :	www.plang.be/bootik-de-thoe/
Email :	
Clef d'activation :	#N/A
Version activée :	v1.xx

Vous ne pouvez pas communiquer votre clef d'activation personnelle à des tiers.
utiliser une clef d'activation qui n'est pas à vous.

- Rendez-vous à la Bootik de Thoë pour commander votre code d'activation personnel.
www.plang.be/bootik-de-thoe
- Votre code sera envoyé par eMail.
- Sélectionnez la page “Help”
- Copiez & collez le code reçu dans la zone d'activation.

ATTENTION !

VOUS NE POUVEZ PAS COMMUNIQUER VOTRE CLEF D'ACTIVATION PERSONNELLE À DES TIERS
NI UTILISER UNE CLEF QUI NE VOUS APPARTIENT PAS !

3.5. Quelles sont les fonctionnalités du Tableau de Calcul ?

Le mouillage par temps établi a été suffisamment traité par de nombreux auteurs pour ne pas nécessiter la publication d'un livre de plus. On peut donc considérer que tout le monde peut facilement trouver de l'information de qualité. L'objet du Livre et du Tableau de Thoë concerne l'étude du Mouillage par gros Temps, sujet peu traité comme tel. Il s'agit aussi d'aborder cette étude d'une manière à la fois différente et complémentaire de celles des ouvrages existants. Changer de point de vue et de méthode d'expression apporte souvent un bénéfice aussi inattendu qu'appréciable.

À quoi sert-il ?

- Calculer les forces de fardage en fonction des dimensions du bateau et de la vitesse du vent établi et des rafales.
- Dimensionner la ligne de mouillage (chaîne, câblot et absorbeur de choc) en fonction des fardages calculés.
- Simuler dynamiquement le comportement du bateau au mouillage en fonction du vent et du temps.

De quoi tient-il compte ?

- Pour les codages, il est capable d'utiliser soit des courbes d'élasticité basées sur les caractéristiques publiées par Marlow, soit la constante indiquée dans la page “Data” pour chaque type de cordage.
- Il tient compte de l'amortissement dû aux pertes d'énergie dans les cordages.
- Il tient compte du frottement de la coque dans l'eau.
- Il tient compte de l'effet antidérive des appendices (statut *expérimental*).
- Il peut tenir compte d'un système d'amortissement des embardées (statut *expérimental*).
- Il peut tenir compte de l'utilisation d'un amortisseur de mouillage (disponible dès que les fabricants auront communiqué les caractéristiques techniques indispensables de leurs produits).

De quoi ne tient-il pas ou tient-il mal compte mal ?

Le tableau fait notamment les hypothèses et simplifications suivantes :

- **Évolution des forces de fardage.** Le tableau se base sur une loi de variation (sinusoïdale ou proportionnelle) de la force du vent entre le minimum (face au vent) et le maximum (embardée et vitesse des rafales simultanément à leur maximum). Il est impossible de prédire les conséquences de cette simplification sur les résultats du calcul. Il se peut en effet que le bateau soit au maximum de son embardée quand le vent n'a pas encore atteint son propre maximum (surestimation des forces). Dans ce cas, rien ne prouve que la force de fardage sera moins importante que la précédente quand le vent sera à son maximum. On ne sait pas dire si l'effort maximum serait atteint au maximum de la rafale ou de l'angle d'embardée.
- **Angle d'embardée.** Il ne tient pas compte de l'évolution de l'angle de l'embardée en fonction du temps et du vent. On peut éventuellement créer une représentation théorique décrivant les mouvements d'embardée d'un bateau idéal comme Alain Fraysse l'a fait. Comment faire pour que ce modèle représente relativement fidèlement le comportement d'un bateau donné ? Ce sera peut-être pour la version 2 du tableau !
- **Mouvement du bateau.** Le modèle ne prend pas en compte les déplacements latéraux du bateau. C'est la force du vent qui importe ! Les forces de frottement de l'eau et du rôle antidérive des appendices sont limitées, car les vitesses sont faibles. Si les vitesses étaient grandes, on n'aurait pas de peine à mettre en place des amortisseurs d'embardée ! Les déplacements latéraux sont relativement courts et limités par l'élasticité de la ligne, l'inertie du bateau et l'angle entre le vent établi et les rafales. Leur influence sur les efforts dans la ligne est donc limitée. Négliger les déplacements latéraux pourrait cependant contribuer à sous-estimer les vitesses.
- **Ligne de mouillage.** Les phénomènes se produisant dans le comportement de la ligne. Le modèle suppose que si l'on prenait une photographie instantanée de la ligne à chaque seconde, on obtiendrait une suite de situations d'équilibres. Le film projeté en accéléré montrerait une ligne évoluant calmement de sa position de détendue à sa position tendue. En réalité, la ligne elle-même est soumise à des phénomènes dynamiques, différents du comportement dynamique du bateau. Si elle se tend brusquement, par exemple, elle peut faire l'objet d'un genre de coup de fouet, qui à son tour induit une force de choc au sein même de la ligne. Une sorte de coup de fouet instantané, si vous voulez, comparable à une corde de guitare que le musicien frapperait.

Quel est le niveau de précision des résultats ?

Page "Force". Les résultats sont précis compte tenu du petit nombre de données sur lequel elle se base. La détermination des coefficients de traînée est elle-même suffisamment approximative pour justifier de ne pas calculer les surfaces au millimètre carré près. Un effort de recherche peut sans doute être fait pour choisir des coefficients aussi réalistes que possible.

Page "Line". Les calculs de résistance des matériaux sont fiables. Les résultats sont précis. Une grande imprécision vient des catalogues des fabricants, qui n'ont très probablement pas une très grande valeur scientifique.

Le dimensionnement de la ligne à l'aide du Tableau de Thoë peut être considéré comme quantitativement et qualitativement fiable

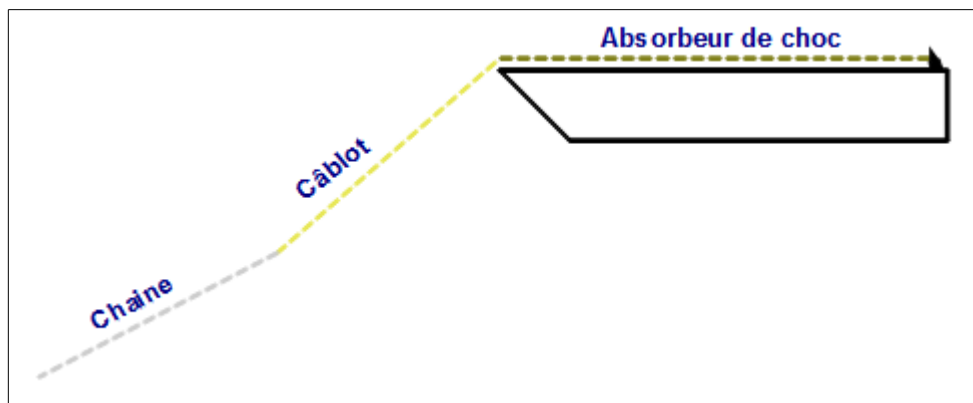
Pages "Cockpit et Graph". Une imprécision vient des catalogues des fabricants, car ils ne fournissent pas d'informations précises sur l'élasticité des cordages. Ils ont comme circonstance atténuante que les cordages ne sont pas parfaitement élastiques et que leurs caractéristiques dépendent sensiblement de leurs conditions d'utilisation, elles-mêmes relativement imprévisibles, c'est le moins que l'on puisse dire. Une autre imprécision vient bien évidemment du profil que l'on donne au vent, forcément éloigné du vent que l'on est susceptible de rencontrer au mouillage.

Le modèle de calcul lui-même est fiable, mais cela reste un modèle mathématique.

Les résultats sont donc moins précis que ceux des deux pages précédentes. La simulation dynamique étant faite sur des hypothèses réalistes n'est cependant pas une description fidèle de la réalité puisque cette réalité résulte d'événements aléatoires se déroulant dans le futur. Seul Éole est capable de deviner, prédire et dévoiler ses intentions ! Ce dont je suis sûr est qu'il n'est pas pervers au point de prendre en compte la topographie des alentours du mouillage.

**Les résultats de l'étude dynamique doivent être principalement considérés
comme une analyse qualitative du mouillage**

De quoi la ligne de mouillage se compose -t-elle ?



Élément	Caractéristique	Remarques
Une ancre.		Le choix de l'ancre sort du cadre de cette étude. Elle est supposée tenir la charge qu'on lui impose.
Une chaîne.	matière, diamètre	S'il n'y en a pas, entrez une longueur nulle.
Un câblot frappé à l'extrémité de la chaîne.	matière, diamètre	S'il n'y en a pas, entrez une longueur nulle.
Un cordage élastique posé à plat pont utilisé comme absorbeur de choc.	matière, diamètre	S'il n'y en a pas, entrez une longueur nulle.
Un ou plusieurs amortisseurs de mouillage.	marque, type	Dès réception des caractéristiques nécessaires (demandés aux fabricants).

3.6. Comment utiliser les feuilles de calcul ?

Signification des couleurs des cellules

Seules les cellules de type “Input” peuvent être modifiées (introduction des données). Les autres sont physiquement protégées pour éviter les modifications accidentelles.

Type (FR)	Type (EN)	Explication
Donnée	Input	Important paramètre de calcul modifiable, souvent modifié (simulation)
Donnée	Input	Paramètre peu utilisé.
Donnée	Input	Donnée à introduire dans le système d'unités choisi dans la page “Help”
Donnée	Input	Donnée introduite dans une autre page.
Option	Option	Cliquer pour dérouler les choix possibles (combobox)
Résultat	Ouput	Résultat de calcul principal.
Résultat	Ouput	Résultat de calcul.
Résultat	Ouput	Résultat de calcul secondaire.
Résultat	Output	Message important (contrôle, erreur, etc.)
Explication	Information	Aide, explication, information, remarque concernant la conception du tableau, etc.
Résultat	Output	Résultat intermédiaire.

3.7. PAN-PAN PAN-PAN PAN-PAN !

PAN PAN - PAN PAN - PAN PAN Forcer le recalcul de la feuille Réactualiser l'affichage	Ctrl+Shift+F9 F9 Cliquer sur l'onglet d'autre page et revenir	Recommandé avec LibreOffice et Open Office Excel
--	---	---

***Il semble parfois nécessaire de forcer le recalcul du tableau
pour que les résultats soient mis à jour,
en particulier avec LibreOffice***

Erreur d'affichage (LibreOffice)

LibreOffice 4.1.x.y ne rafraîchit pas toujours correctement les graphiques et certaines cellules. Dans ce cas, vous pouvez masquer temporairement la page par divers moyens afin de provoquer la réactualisation de l'affichage. Le plus simple est de sélectionner temporairement une autre page, grâce aux onglets situés en bas de la fenêtre.

Erreur de recalcul du tableau (LibreOffice et Open Office)

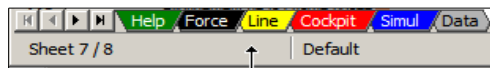
- Sélectionnez “Outils, Options, LibreOffice Calc, Formule, Recalcul au chargement du fichier => Toujours recalculer”.
- Pour forcer le calcul manuellement : **Ctrl+Shift+F9**.
- En cas de difficultés persistantes : fermer l'application et la relancer.

Avec Excel

- Sélectionnez “Fichier, Options, Formules, Calcul du classeur => Automatique”.
- Pour forcer le calcul manuellement : **F9**.

Feuilles de calcul

Le tableau comporte 4 pages de calcul utilisateur (entrées des données, sortie des résultats, affichage des graphiques et données de base) et plusieurs pages protégées contre les modifications accidentelles, contenant les calculs intermédiaires.



Pour sélectionner une page, cliquez sur son onglet (en bas à gauche du tableur)

Force	Permet de calculer les forces de fardage du bateau. Ensuite, on ne doit en principe y revenir que si l'on change de bateau.
Line (Ligne)	Permet de dimensionner la ligne de mouillage (diamètres de la chaîne, du câblot et d'absorbeur de chocs à plat pont)
Cockpit	Permet de simuler dynamiquement le comportement du bateau au mouillage et de vérifier que les surtensions dynamiques dans la ligne sont acceptables. Si elles ne le sont pas, revenir à la page "Line" et renforcer le dimensionnement de la ligne. Le livre explique ce que l'on peut faire au mouillage, pour soulager la ligne.
Cockpit	C'est là que se trouve le tableau de bord de l'application (la page principale d'introduction des données).
Data (Données)	Contient les données de base (propriétés des matériaux, etc.) Permet d'ajouter des matériaux et de calculer leurs caractéristiques. Contient les caractéristiques de différents bateaux ou des configurations différentes pour un même bateau (nom, type, déplacement, dimensions, etc.)
Help (Aide)	Donne les informations nécessaires pour démarrer et renvoie vers le Guide d'Utilisation. Permet d'introduire votre code d'activation personnel.

Remarque

La page "Data" contient des données modifiables, pour pouvoir effectuer plusieurs simulations sans devoir introduire à chaque fois les caractéristiques du bateau ou des matériaux. Elle concerne :

- Les propriétés des matériaux (chaîne, câble, cordages, etc.)
- Les caractéristiques des bateaux.

3.8. ATTENTION

Première utilisation

Lors de la première utilisation, parcourez les trois pages principales **dans l'ordre des couleurs (noir-jaune-rouge)** du pavillon belge, dont les bandes sont en réalité verticales. Les couleurs du pavillon allemand sont disposées horizontalement dans un autre ordre !



Belgique Allemagne

Interprétations des pages “Force” et “Line”

Ces pages correspondent à des calculs d'ingénieur tels qu'ils pourraient être réalisés par un professionnel respectueux de l'État de l'Art, par exemple un architecte naval. Les résultats produits sont fiables. Ils sont certainement plus fiables que ceux qui proviennent des recommandations de *radioponton*, du *café du port* ou de *pseudos anonymes* sur des forums Internet ! Ils sont aussi (c'est regrettable) plus fiables que la quasi-totalité des informations se trouvant sous forme de recommandations dans les brochures commerciales, seule source d'information généralement accessible par le grand public, scandaleusement qualifié de *non averti* !

4. Utilisation des pages

4.1. Utilisation de la page “Help” (Configuration)

Configuration		
Langue	Sélectionner =>	Français
Unités (saisie)	Sélectionner =>	mm, m, kg
<= Pour la saisie UNIQUEMENT (pages « Force, Line et Simul ») calculs internes, page « Data » et résultats sont en [mm, m & kg]		
Tableur utilisé		LibreOffice/Open Office
		Fichier ODS (Open Document)

- **Unités (saisie).** Vous pouvez sélectionner soit le système d'unités international [mm, m, kg] soit le système anglo-saxon [foot, inch, pound].

Ce paramètre contrôle uniquement les zones de saisie dans les pages “Force, Line et Cockpit”

**La page “Data”,
les calculs internes, l'affichage des résultats et les graphiques
utilisent exclusivement le système international**

- Une zone d'aide est disponible dans la page “Data” pour faciliter la conversion des données entre le système anglo-saxon et le système international.
- **Tableur utilisé.** Vous avez reçu deux tableaux de calculs, un pour Excel (format XLSX) et l'autre pour LibreOffice et Open Office (format ODS). Le tableau prévu pour un logiciel tableur n'est pas compatible avec l'autre.

4.2. Utilisation de la page “Force”

Conditions de mouillage

Calcul du fardage				
Type de bateau				1 Sloop
Longueur du bateau	LC	[m]		12,5
Largeur du bateau		[m]		4,0
Franc-bord		[m]		1,2
Vent établi		[kts]		45
Rafales		[kts]		60
Angle bateau / rafales (embardée)	α	[°]		37°
Vagues & Courant (majoration)	%v	[%]		5%

Les cinq premières données doivent être introduites dans la page “Cockpit”. Cela facilite le travail ultérieur.

Vent établi et rafales. C'est la vitesse du vent en noeuds.

Angle bateau / rafales (embardée). C'est l'angle du vent apparent par rapport au bateau que l'on mesure pendant les rafales.

Vagues & courant. Normalement, quand on calcule les efforts sur les bateaux, on doit tenir compte des vagues et du courant. Dans un mouillage abrité, il n'y a normalement pas de courant et les vagues sont peu importantes, voire totalement absentes. Comme nous nous intéressons au Mouillage par gros Temps, on ne peut pas considérer que les vagues et le clapot sont totalement absents. Quand on mouille pour étaler un coup de vent, on est souvent suffisamment loin du rivage pour que le vent puisse agiter un peu le plan d'eau !

Calcul du fardage

Le tableau considère que le bateau évolue entre deux situations extrêmes, responsables de forces de fardage bien différentes.

Mât / haubannage	Warning ! input units are [mm, m, kg]	
Diamètre moyen des mâts	[mm]	170,0
Diamètre moyen du haubannage	[mm]	10,0

- Diamètre moyen des mâts.
- Diamètre moyen du haubannage.

Introduire des valeurs moyennes facilite le travail sans nuire à la qualité des résultats.

	Hauteur	Largeur	Surface de fardage	Coefficient de trainée	Facteur de traîne	Facteur de traîne
Elément de fardage	H [m]	L [m]	Si = L H [m²]	Cxi [-]	Cxi Si	%
Face au vent établi (mesure de face)						
Coque	1,4	4,0	5,4	0,6	3,2	
Roof	0,4	2,7	1,1	0,8	0,9	
?						
?						
?						

- **Face au vent établi.** C'est la position la plus favorable pour le bateau, pour deux raisons : il offre la prise au vent minimum et ses formes ont un coefficient de trainée (Cx) plus faible. Indépendamment de la surface, la forme bien profilée d'un bateau face au vent est plus favorable que celle d'un bateau en biais par rapport à lui.

	Hauteur	Largeur	Surface de fardage	Coefficient de trainée	Facteur de traîne	Facteur de traîne
Elément de fardage	H [m]	L [m]	Si = L H [m²]	Cxi [-]	Cxi Si	%
Dans les embardées (mesure par le travers)						
Coque	1,4	7,5	10,2	1,0	10,2	55,2%
Roof	0,4	2,7	1,1	1,0	1,1	5,9%
?						
?						
?						

- **Dans une embardée.** Comme vous pourrez le constater en faisant varier l'angle, la force de fardage dans les embardées est nettement plus grande que face au vent établi (typiquement de 2 à 4 fois le fardage face au vent établi). Il est important de limiter les embardées autant que faire se peut.

		Hauteur	Largeur	Surface de fardage	Coefficient de trainée	Facteur de traîne	Facteur de traîne
Elément de fardage		H [m]	L [m]	Si = L H [m²]	Cxi [-]	Cxi Si	%
Elément de fardage ne dépendant pas de l'orientation du bateau							
Mât N°1		16,5	0,17	2,8	1,2	3,4	18,3%
N° 1 Nombre de câbles (par côté)	2	66,0	0,01	0,7	0,8	0,5	2,9%
Mât N°2					1,2		
N° 2 Nombre de câbles (par côté)					0,8		
Nombre de pataras	2	33,0	0,01	0,3	0,8	0,3	1,4%
Capote		0,5	2,0	1,0	0,8	0,8	4,3%
Voile d'étai (enroulée)		16,0	0,1	1,6	1,0	1,6	8,7%
Voile de bas étai (enroulée) ou câble d'étai fixe					1,0		
2 tape-cul		2,0	0,5	1,0	0,6	0,6	3,3%
?							
?							
?							
?							
?							
?							
?							
?							
?							
Pour « Hauteur » et « Largeur », mesurer la projection de l'élément sur un plan perpendiculaire au vent						Total =>	100%

Pour chaque élément du bateau offrant une résistance au vent, il faut entrer :

- **Le libellé de l'élément (première colonne).**
- **La hauteur (H) et la largeur (L) de l'élément.** Il faut indiquer la projection de ces mesures sur un plan perpendiculaire au vent. Pour l'étai qui est oblique, par exemple, on introduit la hauteur de son point haut par rapport au pont quand le bateau est face au vent et sa longueur réelle quand il est en travers.
- **Le coefficient de trainée.** Il dépend de la forme de l'élément considéré. Des exemples de valeurs sont mentionnés à droite du tableau.

Le tableau de calcul en sait maintenant assez pour calculer le fardage de tout le bateau, en additionnant le fardage de tous les éléments. Pour chaque élément (indice i), il applique la formule

$$Fi = 1.3 Cxi Si \frac{v^2}{2}$$

où (v) est la vitesse du vent en [m/s], 1.3 la masse spécifique de l'air en [kg/m³], (Cxi) le coefficient de trainée [sans dimension] et (Si) la surface exposée de l'élément en [m²]

Le fardage total est alors

$$F = \Sigma Fi$$

(En mathématiques, on utilise le signe Σ pour indiquer que l'on calcule une somme : F égale le total des Fi de tous les éléments.)

Fardage statique

Fardage statique				
			Vent établi	Embardée
Vitesse du vent	[kts]		45,0	60,0
	[m/s]	v	23,2	30,9
Facteur de traînée	[m²]	$\Sigma C_{xi} S_i$	11,3	18,4
Note => Recopier les deux valeurs de $\Sigma C_{xi} S_i$ dans la liste des bateaux de la page « Data » (si vous voulez les mémoriser)				
Fardage statique, sans majoration	[daN]	F	392	1139
$F' = 1.3 * \Sigma C_{xi} S_i * v^2 / 2$				
Majoration pour les vagues & courant	[daN]	%v F	20	57
Total du fardage + vagues & courant	[daN]	$F = (1 + \%v) F'$	412	1196
Intensité des rafales	-	Fo/Fr		2,9
Dans une embardée le fardage peut être 3 à 4 fois plus important que dans le vent établi.				

Résultats du calcul

Les résultats se trouvent dans la partie inférieure de la page.

- **Facteur de traînée $C_x S$** . Ce facteur (qui est la somme des $C_{xi} S_i$ de tous les éléments du bateau) caractérise une fois pour toutes le bateau, sauf si l'angle des embardées change, ce qui est peu probable. Si vous souhaitez faire des simulations pour plusieurs bateaux, je vous conseille de créer une entrée dans la liste des bateaux (page "Data") et de recopier ces deux valeurs dans ses caractéristiques (11.3 et 18.4 dans l'exemple).
- **Intensité des rafales**. Elle peut être caractérisée par le rapport de la force de fardage des rafales (F_r) divisée par celle du vent établi (F_o). Vous observerez que plus ce ratio est grand, plus les efforts *dynamiques* dans la ligne de mouillage sont importants, voire dangereux. Un vent établi plus fort avec des rafales moins fortes est préférable à un vent établi plus faible avec de fortes rafales. Un mouillage peu abrité peut s'avérer plus sûr qu'un mouillage apparemment bien abrité dans lequel les rafales sont plus fortes.

**Il faut faire en sorte de
diminuer l'écart qui existe entre F_r et F_o ,
en fuyant les rafales, quitte à ce que le vent établi soit plus fort**

C'est comme pour le rapport qualité/prix de ce que l'on achète. Il est souvent meilleur si l'on paye plus cher !

Le livre explique comment réduire, si c'est possible, la force de fardage pendant les rafales. Les seuls paramètres sur lesquels nous pouvons en réalité agir pour réduire les forces que subit un bateau au mouillage sont :

- **Choisir un mouillage adapté**, mais comme l'on peut se tromper (l'erreur est humaine), ce n'est pas le meilleur moyen. Là, Éole contrôle seul la situation, selon ses humeurs. Notre liberté d'action est limitée par son bon vouloir et sa clémence. Peut-être respecte-t-il plus les skippers reconnaissant humblement sa puissance en lui rendant la tâche difficile, pour qu'il aille compliquer la vie des imprudents et des insoucients ? Il vaut donc mieux trouver d'autres moyens, sauf si l'on préfère enfouir sa tête avec l'ancre dans le sable en se disant que les conditions exceptionnelles n'arrivent qu'aux autres.
- **Réduire l'angle des embardées**. Là, nous avons plus de libertés, mais peu d'armes pour nous défendre. Si un moyen existe pour réduire l'angle des embardées, il faut absolument le mettre en oeuvre. Ce que l'on gagne ici sera tout bénéfice pour la tenue ultérieure de la ligne et de l'ancre, donc pour la sécurité du navire et de son équipage. Le livre contient quelques propositions dans ce sens, notamment dans le chapitre intitulé "*Il vaut mieux prévenir que guérir*".

4.3. Utilisation de la page "Line"

Vocabulaire

- **Charge de rupture (T_r)**. C'est la charge de rupture communiquée par le fabricant. Elle concerne un matériau neuf, tel qu'il sort de la chaîne de fabrication. Pour bien se positionner face à ses concurrents, le fabricant a commercialement intérêt à ne pas la sous-estimer, tout en prenant un minimum de précautions pour limiter sa responsabilité en cas d'accident.

- **Charge de travail admissible (Tadm).** C'est la charge à ne pas dépasser lors de l'utilisation. Elle est calculée en divisant la charge de rupture par un coefficient de sécurité.
- **Charge de calcul (Fcalc).** C'est la charge que l'on utilise pour le dimensionnement. Elle résulte de calculs de type *bureau d'étude*, comme celui de la page "Force".
- **Dimensionnement.** Le calcul consiste à vérifier que l'on ne dépasse pas la *Charge de travail admissible*. Il conduit à une dimension théorique minimum. On se réfère ensuite au catalogue du fabricant, pour choisir la pièce qui se rapproche le plus de la dimension calculée. Pour ce choix, on *se met du côté de la sécurité* en sélectionnant, par exemple, un diamètre juste supérieur à celui qui a été calculé.
- **Charge de travail.** C'est la charge de travail en service, compte tenu du dimensionnement réel du système. Elle devrait donc être inférieure à la *charge de calcul*.

Caractéristiques de la ligne

Caractéristiques de la ligne de mouillage			
Matière		Chaîne	Câblot
		gr40-chain (x)	ny-3str (Marlow)
Diamètre recommandé	[mm]	> 8,9	> 17,8
Votre choix de diamètre	[mm]	10,0	18,0
Coefficient de sécurité recommandé	[-]	2,0	4,0
Coefficient de sécurité choisi	[-]	2,0	2,0
Charge de rupture (neuf)	[daN]	5000	7.634
Charge de rupture (réelle)	[daN]	5000	5.139
Charge admissible	[daN]	2500	2.570
Coeff. de sécurité par rapport au catalogue	[-]	2,00	2,97

Attention : 2 anomalie(s) à investiguer

- **Matière.** Vous pouvez choisir le type de ligne que vous souhaitez. Ses caractéristiques peuvent être introduites ou modifiées dans la page "Data".
- **Diamètre choisi.** Le tableau calcule des recommandations, en tenant compte des coefficients de sécurité. À vous de lui confirmer votre choix dans la page "Cockpit" (en mode ~Manuel) ou la page "Data" (si vous avez sélectionné un profil dans la page "Cockpit").
- **Coefficient de sécurité.** Là aussi, le tableau propose et vous disposez. Les coefficients recommandés se trouvent également dans la page "Data". Le livre explique quelles sont les raisons qui les influencent.

Forces de fardage

Forces de fardage		
Vitesse du vent établi	kts	40
Vitesse des rafales	kts	60
Fardage statique (vent établi)	daN	303
Fardage statique (rafale)	daN	1131
Facteur de surtension dynamique	-	2,0
Traction dynamique (charge de calcul)	daN	2261
Ratio par rapport au fardage du vent établi		7,5

- **Facteur de surtension dynamique.** L'analyse faite dans le livre montre qu'il est raisonnable et logique de multiplier le fardage dû aux rafales par un coefficient **au moins égal à 2**, pour déterminer la *Charge de calcul* de la ligne. Le tableau propose et vous disposez.

Coefficients de sécurité

Coefficients de sécurité			
Coefficient de sécurité souhaité	Cs	4,0	4,0
		15%	15%
Réduction (usure + vieillissement)	%	15%	15%
Réduction (noeud, épissure)	%	5%	5%
Réduction (mouillé)	%	15%	15%
Réduction globale	%	31%	31%
Coefficient de sécurité par rapport au catalogue		5,8	5,8

- **Réduction (usure et vieillissement).** Le livre, toujours lui ! explique que les cordages ont de multiples raisons de voir leur résistance diminuée par rapport à leur résistance *espérée*. J'ai écrit "*espérée*", car c'est un idéal annoncé par les fabricants dans leurs brochures, que bon nombre d'utilisateurs doivent considérer comme des Bibles, à défaut d'autres sources d'information.
- **Réduction (noeud, épissure).** Tout marin sait que les noeuds et les épissures sont des points faibles et que la ligne, si elle se rompt, devrait se rompre à ces endroits-là (le livre montre que la rupture peut se produire à un endroit inattendu !) Une épissure est réputée réduire la résistance de 5 % à 10 %, un noeud de chaise de 40 %, etc.
- **Réduction (mouillé).** Certains textiles, comme le nylon, perdent de leur résistance quand ils sont mouillés.
- **Coefficient de sécurité par rapport catalogue.** C'est le coefficient de sécurité calculé par rapport aux caractéristiques communiquées par le fabricant, qui servent de base d'évaluation de la *Charge admissible*. Le catalogue du fabricant considère que le cordage n'est jamais mouillé et conserve pour toujours la même résistance que dans le laboratoire où il en a mesuré les caractéristiques. À noter que l'ABYC, recommande un coefficient de 8. Malgré toutes les réductions dont nous avons tenu compte, avec ± 6 nous sommes encore loin du... compte ! Nous sommes loin de l'optimisme qui pousse les fabricants de guindeaux à considérer que le câblot de diamètre maximum que l'on sait épisser sur un maillon de la chaîne est justement et *miraculeusement* suffisant. C'est loin d'être le cas, si l'on veut qu'il tienne le coup par gros temps.

Contrôles et vérifications

Le tableau en sait suffisamment pour tout calculer (et vous donnez tous les résultats) et surtout vérifier que les principales conditions sont remplies pour que la ligne résiste à la charge de calcul.

Attention ! Charge de travail de l'amortisseur inférieure à celle de la chaîne (428 < 3600 daN)				
Attention ! Charge de travail du câblot inférieure à celle de la chaîne (428 < 3600 daN)				
Vérification du dimensionnement du câblot				
Coefficient de sécurité par rapport au catalogue	-	9,4	F_{calc} / Tr'	Par rapport au neuf (selon charge de rupture communiquée par le fabricant)
Coefficient de sécurité réel	-	0,8	F_{calc} / Tr	Par rapport à la charge de rupture réelle (réductions – mouillé, usure, etc.)
% de la tension de rupture	%	132,0%	$\%r = F_{calc} / Tr$	Par rapport à la charge de rupture réelle
		10,7%	$\%r' = F_{calc} / Tr'$	Par rapport à la charge de rupture fabricant
Section	mm²	707	Sb	
Tension d'utilisation	daN/mm²	3,2	F_{calc} / Sb	STOP ! Charge de travail admissible dépassée (0,6 > 3,2 daN/mm²)
Charge de travail admissible	daN/mm²	0,6	$Tadm / Sb$	STOP ! Augmenter le diamètre du câblot (essayer plus que 30 mm)
$\%r/\%a$	-	1,56	$\%ra = \%r/\%a$	Voir tableau « Caractéristiques des bouts » (onglet « Data »)
Allongement admissible	%	16,0%		Voir tableau « Caractéristiques des bouts » (onglet « Data »)
% d'allongement	%	84,5%	$\%a = \%r / \%ra$	Attention ! Allongement supérieur à l'allongement admissible (84,5% > 16%)
		6,8%	$\%a' = \%r' / \%ra$	Par rapport à la charge de rupture fabricant
Diamètres calculés				
Diamètre mini du câblot	mm	68,9	$d1 = (F / Tub * \pi / 4)^{0.5}$	Par rapport à l'effort calculé dans la ligne
		87,0	$d2 = (Tuc / Tub * \pi / 4)^{0.5}$	Par rapport à la tension admissible dans la chaîne (pour avoir la même résistance)
		61,5	$d3 = (Trc / Trb * \pi / 4)^{0.5}$	Par rapport à la résistance à la rupture de la chaîne
Vérification du dimensionnement de l'élastique plat pont				
Coefficient de sécurité par rapport au catalogue	-	9,4	F_{calc} / Tr'	Par rapport à un câblot neuf (selon charge de rupture communiquée par le fabricant)
Coefficient de sécurité réel	-	0,8	F_{calc} / Tr	Par rapport à la charge de rupture réelle (réductions – mouillé, usure, etc.)
% de la tension de rupture	%	132,0%	$\%r = F_{calc} / Tr$	Par rapport à la charge de rupture réelle
		10,7%	$\%r' = F_{calc} / Tr'$	Par rapport à la charge de rupture fabricant
Section	mm²	707	Sb	
Tension d'utilisation	daN/mm²	3,2	F_{calc} / Sb	STOP ! Charge de travail admissible dépassée (0,6 > 3,2 daN/mm²)
Charge de travail admissible	daN/mm²	0,6	$Tadm / Sb$	STOP ! Augmenter le diamètre du câblot (essayer plus que 30 mm)
$\%r/\%a$	-	1,56	$\%ra = \%r/\%a$	Voir tableau « Caractéristiques des bouts » (onglet « Data »)
Allongement admissible	%	16,0%		Voir tableau « Caractéristiques des bouts » (onglet « Data »)
% d'allongement	%	84,5%	$\%a = \%r / \%ra$	Attention ! Allongement supérieur à l'allongement admissible (84,5% > 16%)
		6,8%	$\%a' = \%r' / \%ra$	Par rapport à la charge de rupture fabricant
Diamètres calculés				
Diamètre mini du câblot	mm	68,9	$d1 = (F / Tub * \pi / 4)^{0.5}$	Par rapport à l'effort calculé dans la ligne
		87,0	$d2 = (Tuc / Tub * \pi / 4)^{0.5}$	Par rapport à la tension admissible dans la chaîne (pour avoir la même résistance)
		61,5	$d3 = (Trc / Trb * \pi / 4)^{0.5}$	Par rapport à la résistance à la rupture de la chaîne

Contrôle du dimensionnement

Le résultat des contrôles est indiqué en **rouge**. Si tout semble correct, le tableau indique **ok**, sinon il affiche un **message explicite**. Les vérifications principales suivantes sont effectuées :

- **Cohérence de la ligne.** Le tableau vérifie que la charge admissible des cordages est au moins égale à celle de la chaîne.
- **Dépassement éventuel de la charge admissible.** Le tableau vérifie que la charge de calcul est inférieure à la charge admissible des constituants de la ligne (chaîne, câblot, absorbeur de choc à plat pont.)
- **Allongement excessif éventuel du cordage.** L'allongement maximum admissible est indiqué dans la page "Data" pour chaque type de matériau.

Libre à vous de tenir compte des mises en garde de la feuille de calcul. Vous êtes seul maître à bord ! De toute façon, il est de votre responsabilité de procéder aux autres contrôles éventuellement nécessaires et de consulter l'architecte de votre bateau.

4.3. Utilisation de la page "Cockpit"

Introduction

Tenue de l'ancre

Tout le monde sait ce qu'est la tenue d'une ancre ! Elle correspond à la limite au-delà de laquelle elle dérape. Si l'on demande dans quelles unités elle se mesure, la réponse est moins évidente. Se mesure-t-elle en [daN] comme dans les tests réalisés par les revues nautiques ou se mesure-t-elle par la vitesse du vent qui provoque le dérapage, en [kts] ?

Pour moi, qui suis avant tout le skipper de Thoë, ce qui m'intéresse principalement ce sont les noeuds de vent, avant les décanewtons. Au café du port (cela m'arrive d'y aller, pas pour discuter d'engineering, mais pour boire un coup avec les copains), je n'ai jamais entendu personne dire "mon bateau a dérapé, car j'ai eu 1200 daN au mouillage,

dans 5 mètres d'eau ! C'est pourquoi, si c'est possible, je préférerais mesurer la tenue de l'ancre de Thoë en noeuds !

Tenue de la ligne

Si l'on ne met pas les points sur les *i*, on peut ne pas voir la différence qu'il y a entre tenue de l'ancre et tenue de la ligne. La tenue de la ligne correspond à sa charge de travail admissible. Au-delà, elle est supposée proche de la rupture. Comme la tenue de l'ancre, on pourrait tout aussi bien l'exprimer en [daN] qu'en [kts]. Étant à la barre de Thoë, je dirais que la tenue de la ligne correspond aux conditions au-delà desquelles elle casse, en les mesurant, si possible, en noeuds de vent.

Si l'ancre du bateau et le fond sont tels que le dérapage ne se produit jamais, même si le vent décorne les boeufs, il arrive un moment où le vent devient tellement fort que quelque chose casse (voir le récit dans le livre). Si le bateau a été bien construit, la ligne casse avant les taquets d'amarrage ou la structure du pont. La tenue maximale de la ligne est atteinte à ce moment-là.

Pourquoi faire ces différences ?

Quand on étudie le mouillage dans des conditions extrêmes, on comprend tôt que tout l'équipement concerné travaille au maximum de ses possibilités. C'est d'autant plus vrai que pour limiter le poids à l'avant, on évite de surdimensionner le diamètre de la chaîne et que pour éviter le gigantisme, on choisit un câblot sous-dimensionné par rapport à celui de la chaîne.

Autrement dit, s'intéresser au Mouillage par gros Temps revient à répondre à la question : *Comment exploiter au mieux les caractéristiques des matériaux composant la ligne de mouillage ?*

Simuler ou ne pas simuler, voilà une autre question !

La page "Cockpit" est en quelque sorte le tableau de bord de l'application. Les deux autres pages importantes ("Force" et "Line") sont utilisées rarement, si pas seulement une seule fois. Quand la ligne de mouillage a été définie (page "Line") il s'agit de vérifier comment elle pourrait se comporter au mouillage.

Certains affirment que la simulation informatique est suffisamment loin de la réalité pour ne pas lui donner foi. Mon avis de *modélisateur à l'esprit critique* est plus nuancé que celui de certains intégristes à la botte de Saint Thomas ou des adeptes de la *méthode émotionnelle* appliquée aux calculs de résistance des matériaux. Malgré leurs approximations et leurs limites, l'Art de l'Ingénieur et l'Informatique sont les seuls outils dont nous disposons pour anticiper les situations futures probables. Notons simplement que la modélisation de l'atmosphère, qui est infiniment plus complexe qu'une ligne de mouillage, permet aujourd'hui à des ordinateurs de prédire le temps de façon fiable, plusieurs jours d'avance. Je pense que ces mêmes intégristes n'hésitent pas à piétiner leurs propres croyances et convictions, quand ils téléchargent des fichiers GRIB pour savoir ce qui les attendra au mouillage, lorsque la dépression (météorologique) sera sur eux !

Si la simulation vous dit que tout va bien et que vous pouvez dormir sur vos deux oreilles, allez-vous pour autant négliger de programmer l'alarme de mouillage que le GPS du bord permet de déclencher en cas de dérapage ? Ou ne pas prendre d'autres précautions utiles ? J'espère que non, mais je serai quand même bien aise de vous voir relativement confiant dans votre montage, car il aura nettement plus de chances d'avoir été bien conçu et d'être adapté aux situations extrêmes que vous pourrez rencontrer, que s'il avait été dimensionné avec la méthode du *doigt mouillé* ou du *qu'en-dira-t-on au café du port*.

Vous doutez que l'Informatique arrive un jour à bien modéliser le comportement d'un navire à l'ancre ? Je peux le comprendre et même aller jusqu'à partager ce point de vue. Imaginons plutôt que la simulation de ce tableur suggère que votre ligne n'est pas adaptée aux conditions météo envisagées. Qu'allez-vous faire ? Attendre de vous trouver réellement dans les conditions envisagées pour vérifier si le Tableur de Thoë avait tort ou raison, au risque de mettre le bateau et l'équipage en danger ? Ou bien allez-vous renforcer l'équipement du bateau avant de faire cette expérience stressante ? À l'ère du sacro-saint *principe de précaution*, qui n'a certes pas ma sympathie, il me semble que la deuxième hypothèse devrait heureusement l'emporter !

La page "Cockpit" permet justement de vérifier, dans une large mesure, jusqu'à quelles forces de gros temps, vous pouvez espérer tenir au mouillage, dans les limites des charges admissibles qui ont servi à dimensionner la ligne de

mouillage. Cette ligne devrait exceptionnellement tenir le coup dans des conditions un peu plus dures encore, en utilisant la réserve que procurent les coefficients de sécurité utilisés. Si cette éventualité se produit un jour (chaque marin a rendez-vous au moins une fois dans sa vie avec des conditions exceptionnelles) et que vous avez préalablement fait tout ce qui est en votre pouvoir pour limiter les risques, alors votre ligne aura toutes les chances de vous aider à étaler ce gros temps exceptionnel.

Non, la page “Cockpit” ne se disqualifie pas elle-même !

En utilisant la page “Cockpit”, vous vous apercevrez tôt qu’il est difficile, si pas impossible, d’en déduire la *Charge de calcul* à utiliser pour le dimensionnement de la ligne de mouillage. En modifiant la vitesse du vent, la force des rafales (écart entre rafales et vent établi), etc., on peut toujours trouver une configuration telle que les charges dans la ligne deviennent énormes. Utiliser ces charges comme *charge de calcul* conduirait à une forme de gigantisme dans les spécifications de la ligne.

Comme toujours, on doit se contenter du moins mauvais compromis !

Cette observation peut contribuer à convaincre les intégristes du bon sens incarné que l’intérêt de la simulation est très limité. Il n’en est rien. Il faut attendre de sa part ce qu’il peut donner, sans lui prêter des vertus inaccessibles pour ensuite le discréditer.

Quand on utilise correctement la page “Cockpit”, on détermine rapidement quelles sont les conditions météo les plus dures dans lesquelles la ligne peut tenir.

La page “Cockpit” ne sert pas à dimensionner la ligne de mouillage

Elle sert à mieux comprendre le comportement dynamique de la ligne

Elle sert, dans la mesure du possible, à déterminer comment mouiller dans des circonstances particulières

Elle sert sans doute surtout à déterminer les erreurs à ne pas commettre !

Naviguer est plus dangereux que rester assis au bord de l’eau sur une plage aménagée pour les touristes, avec des surveillants faisant une veille attentive au bord de l’eau du haut de leur mirador.

***Naviguer, c’est prendre des risques calculés
donc continuons... à calculer !***

Spécifications

La page “Cockpit” est divisée en deux zones “Spécifications” et “Simulation”.

SPECIFICATIONS

Cette zone permet d’introduire les spécifications du problème

Quand l’équipement a été défini ou que le bateau est déjà équipé, cette partie n’est plus appelée à être modifiée.

Caractéristiques du bateau

Caractéristiques du bateau
~Manuel <= Sélectionner un profil (Voir page « Data »)

		Thoë-001
		1 Sloop
Déplacement	[kg]	9500
Longueur de la coque	[m]	12,5
Largeur du bateau	[m]	4,0
Franc-bord	[m]	1,2
Longueur à flottaison (LWL)	[m]	12,0
Largeur à flottaison (WWL)	[m]	3,5
Angle bateau / raffles (embarquée)	[°]	37*
Poids de l'ancre	[kg]	20,0

Zones de saisie pour le mode ~Manuel
Bateau

		Thoë-001
		1 Sloop
[kg]		9500
[m]		12,5
[m]		4,0
[m]		1,2
[m]		12,0
[m]		3,5
[°]		37*
[kg]		20,0

<= Largeur du bateau pour un multicoque
<= Angle bateau / rafele dans une embarquée

Fardage

Vent établi	Embarquées
Cx S [m²]	
Entrées: 9,9	15,2

<= Calculé par la page « Force »
<= Résultats (à recopier ci-dessus)
Attention : les valeurs diffèrent (9,9<>? 15,2<>?)

Ligne de mouillage

Matière	Diamètre	
gr40-chain (x)	10,0	Conseil > 8,9 [mm]
ny-3str (Marlow)	24,0	Conseil > 17,8 [mm]
ny-dbleB (Marlow)	18,0	Conseil > 25 [mm]

Coeff. de sécurité		[mm]	Charge adm [daN]	
Conseil				
Chaîne	> 2	2,0	10,0	2500 daN gr40-chain (x)
Câblot sur la chaîne	> 4	2,0	24,0	4568 daN ny-3str (Marlow)
Absorbeur de chocs plat-pont	> 4	4,0	18,0	1291 daN ny-dbleB (Marlow)

Entrée des caractéristiques du bateau

- Sélectionnez un profil.** La combobox (cellule verte en haut à gauche) permet soit de choisir le nom du bateau dans une liste, soit de choisir le mode ~Manuel. Dans le premier cas, le tableur complète lui-même les caractéristiques du bateau (cellules bleues). Les caractéristiques des bateaux repris dans la liste peuvent être introduites dans la page "Data". En mode manuel, ces cellules sont alimentées à partir des données que vous entrez manuellement (cellules jaunes).
- Facteur de trainée Cx S.** C'est le facteur permettant de calculer le fardage du bateau en fonction de la vitesse du vent. Il est calculé par la page "Force" à partir des éléments de surface résistant au vent et des coefficients de trainée de ceux-ci. Si vous souhaitez mémoriser plusieurs profils de bateaux ou plusieurs profils pour un même bateau, il faut recopier manuellement ces deux valeurs – PAS LES FORMULES – dans la liste des bateaux (page "Data").
Le tableau utilise prioritairement les valeurs de Cx S de la page "Data". S'il n'y en a pas, soit il calcule une approximation grâce à la page "Force", soit il utilise la valeur que vous indiquez dans les cellules jaunes (en mode manuel uniquement).

Force du vent		
	Vitesse	Force
Rafales (pour calcul de la ligne) Fr	60 kts	1131 daN

- Rafales (pour calcul de la ligne).** La vitesse des rafales sert au dimensionnement de la ligne. C'est donc théoriquement la vitesse qui définit la **tenue de la ligne**.

Simulation

SIMULATION DYNAMIQUE

Cette zone permet d'analyser le comportement dynamique du mouillage, en faisant varier les paramètres

Profil du vent

Profil du vent		
	Vitesse	Force
Rafales (voir « Force du vent ») Fr	60 kts	1131 daN
Vent établi Fo	45 kts	383 daN
Ratio forces rafale / vent établi Fr/Fo		3,0

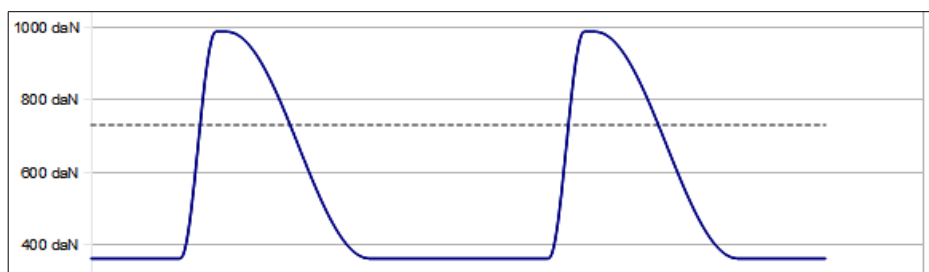
- Vent établi.** Introduire la vitesse du vent établi (Fo).

	Etat du vent	Variation du vent	Durée [s]
Vent établi	Etabli	Constant	30 s
Montée de la rafale	Monte	Sinusoïdal	5 s
Rafales (pour calcul de la ligne)	Rafale	Constant	2 s
Descente de la rafale	Descend	Sinusoïdal	25 s
Durée du cycle du vent			62 s
Début de la simulation	t(0)		15 s

Définir le profil du vent

Ces cellules permettent de spécifier comment la force du vent évolue en fonction du temps. Le modèle considère que le cycle que vous spécifiez se répète indéfiniment comme un train de houle océanique. Il comporte 4 phases, chacune d'une durée spécifiée en secondes, qui peut éventuellement être nulle. Quand le vent change de force, ce changement peut se faire linéairement ou mieux, selon une loi de variation sinusoïdale.

- **Vent établi.** La force du vent établi (F_o) reste constante, pendant 30 secondes dans l'exemple de la figure ci-dessus.
- **Montée de la rafale.** La force du vent forcit de celle du vent établi à celle de la rafale (F_r) en 5 secondes, selon un profil sinusoïdal.
- **Rafale.** La force de la rafale reste constante pendant 2 secondes. Attention ! **Ne pas confondre** "durée de la rafale" et durée pendant laquelle la force de fardage est maximale. Le bateau ne reste pas longtemps en travers du vent maximum. Il début tôt son mouvement pour se remettre face au vent.
- **Descente de la rafale.** La force du vent mollit de celle de la rafale à celle du vent établi en 25 secondes, selon un profil sinusoïdal. Ce temps est plus long que le précédent, car la rafale souffle longtemps et que les oeuvres vives ralentissent un peu son mouvement.
- **Début de la simulation.** Vous pouvez choisir le moment du cycle du vent que vous avez défini, comme début de la simulation. Cette heure, est mesurée à partir du début de la première période de vent établi.



Allure du profil de vent obtenu

Cette modélisation permet de définir un éventail relativement large de profils. Il peut même être purement sinusoïdal, si l'on entre 0 comme durées du vent établi et de la rafale. Je pense que cela suffit pour permettre une simulation convenable. Si ce n'est pas le cas, qu'on me démontre quelle amélioration peut être faite pour s'approcher mieux de la réalité imprévisible d'Éole et je me ferai à la fois un plaisir et un devoir de l'implémenter !

Paramètres de simulation

Conditions de mouillage		Diamètre [mm]	Longueur [m]	Longueur [m]	
Chaîne	L1	10 mm	50,0	50,0 m	gr40-chain (x)
Câblot sur la chaîne	L2	18 mm	10,0	10,0 m	ny-3str (Marlow)
Absorbeur de chocs plat-pont	L3	60 mm	10,0	10,0 m	ltx-thr/fil (x)
Hauteur sous davier	H	[m] =>	5,0	5,0 m	L/H = 12
Remontée initiale sur l'ancre	pos(0)	[m] =>	3,0	3,0 m	
Traction pour tendre la ligne	[daN]	848 daN			
Surtension dynamique	TmaxFr	1,7	Surtension dynamique		
Facteur de surtension dynamique	Kcalc	2,0	<= pg « Line »		
Traction maximale dans la ligne	[daN]	1881 daN			
Charge admissible dans la ligne	[daN]	380 daN			

Le principal objectif de la simulation est sans doute de déterminer comment utiliser au mieux l'équipement de mouillage disponible à bord, de façon à minimiser les efforts dans la ligne, le but étant qu'elle tienne face aux conditions les plus dures possible.

- **Longueur de ligne.** Ces cellules servent à spécifier combien vous envisagez d'envoyer de mètres de chaîne, de câblot et d'absorbeur de chocs à plat pont. Vous pouvez spécifier une valeur nulle si vous n'utilisez pas l'élément considéré.
- **Hauteur sous davier.** Vous pouvez choisir de mouiller plus ou moins profond. La hauteur considérée est mesurée entre le niveau du davier et le fond, à l'endroit où l'ancre est bien enfouie (si elle n'est pas bien enfouie, le problème est résolu, car... l'ancre dérape, Éole renvoie le bateau en mer et la ligne ne se rompt pas !)
- **Avancée initiale sur l'ancre.** Il arrive, par exemple en Méditerranée, que le mouillage soit parfaitement calme jusqu'au moment où une rafale subite se manifeste. Comme il n'y avait pas de vent, le bateau avait pu remonter sur son ancre, avant qu'il se lève. Un autre cas similaire est celui où le vent change subitement de direction. Dans les deux cas, le bateau prend son élan avant de tendre la ligne. Cela provoque une forte surtension dont l'intensité dépend de la quantité d'énergie cinétique que le bateau a pu accumuler. Un témoignage de ce qui se passe dans ce cas, et des dégâts qu'il occasionne, est repris dans le livre sous le titre "*La rafale fatale*".
- **Traction pour tendre la ligne.** Le tableau rappelle ici la force de vent pour laquelle la chaîne est tendue, c'est-à-dire complètement soulevée du sol.
- **Surtension dynamique (T_{max}/Fr).** La simulation dynamique permet de calculer la tension maximale atteinte dans la ligne (T_{max}). On peut appeler "*facteur de surtension dynamique*" le rapport T_{max}/Fr . Il est à mettre en relation avec le "*coefficient de surtension dynamique*" (K_{calc}) qui sert à calculer la charge de calcul de la ligne (page "Line"). Je recommande pour $K_{calc} > 2$. L'analyse dynamique montre que les surtensions sont rarement inférieures à cette recommandation.

Configuration

Configuration			
Nombre de cycles vent/rafale		3	183 s 3,1 min
Nombre de pas d'observation [s]			0,3 s 529 pas
Modèle de calcul	PseudoElas		

- **Nombre de cycle vent/rafale.** Il permet de déterminer la durée pendant laquelle le tableau calcule et dessine les graphiques. Il est recommandé que cette durée soit égale à **trois cycles de vent**. Souvent, **la deuxième rafale sollicite plus la ligne** de mouillage que la première. En effet, si le bateau remonte sur son ancre entre deux rafales, la seconde induit de fortes surtensions dans la ligne, car le mouillage est obligé d'absorber l'énergie cinétique que le bateau accumule avant de retendre la ligne.
- **Méthode de calcul.** Sélectionnez le mode (cellule verte).
 - Seul le mode "Pseudoélastique" est réaliste (voir détails ci-dessous). Les autres ont une existence historique liée au cycle de développement du tableau et à la voie qu'Alain Fraysse a ouverte il y a quelques années, pour que les plaisanciers prennent conscience de l'importance fondamentale des effets dynamiques dans les lignes de mouillage et de la nécessité d'utiliser des cordages élastiques pour absorber les forces de choc qui en résultent.
 - Le mode "Fraysse" a été implémenté pour comparer les résultats de la page "Cockpit" avec ceux du tableau qu'Alain Fraysse a publié. Son tableau a été construit de façon très différente. Son modèle correspond à un cas particulier du modèle plus général de Thoë. Il y a moyen de le rejoindre à un certain point, notamment pour vérifier que les calculs statiques de la ligne produisent des résultats comparables et que les graphiques générés sont semblables.
 - Comme le mode "Fraysse", le mode "Élastique" néglige l'effet d'amortissement que la ligne textile apporte grâce à la manière dont le cordage est tressé. La différence principale est que la tension dans la ligne n'est pas limitée à la charge admissible et que le calcul dynamique se fait sur une modélisation plus précise de l'équilibre statique de la ligne (elle est découpée en 600 tronçons au lieu de 20).

Charge maximale de la ligne dans les simulations

Dans le mode “Frayse”, la traction maximale envisagée pour la ligne est égale à la charge admissible de la ligne. Au-delà, le calcul s'interrompt.

Dans les autres modes, il n'y a pas de limites pour la charge maximale de la ligne. En cas de dépassement de la charge admissible ou pire de la charge de rupture, les résultats du calcul et les graphiques sont suffisamment éloquentes pour permettre de tirer les conclusions catastrophiques qui s'imposent ! Vous êtes seul maître à bord. Il vous appartient de prendre vos responsabilités, au risque de voir des cordages se rompre comme c'est arrivé à Thoë (voir récit dans le livre).

Options du mode pseudoélastique

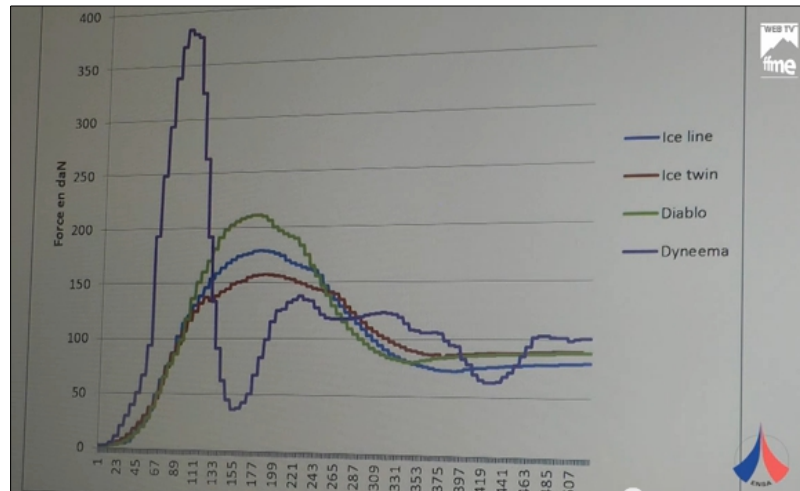
Oublions les deux modes basés sur l'hypothèse irréaliste que les cordages sont purement élastiques. Contrairement au mode pseudoélastique, ils négligent aussi le frottement du bateau sur l'eau. Nous verrons que là, comme le démontrent les simulations, cette hypothèse simplificatrice avait plus de sens que d'oublier le rendement élastique des cordages.

Options pour le mode PseudoElastique				
Pertes par frottement	Conseil	Sélection	Allongement	Détente
Frottements internes des bouts	Yes	Yes	5,0%	5,0%
Calculer les forces antidérive	Yes	No		
Frottement de la carène	Yes	No	2	<= Rugosité
Amortissements des embardées				
Amortisseur (allongement)	No	No	4,0 m²	2,00
Amortisseur (détente)	No	No	4,0 m²	2,00
Configuration				
Elasticité chaîne	Yes	Yes		

Pertes par frottement

Les pertes d'énergie sont un facteur fondamental dans l'étude des *comportements dynamiques*. Elles amortissent les oscillations, dont on a vu qu'elles sont impliquées dans les pics de tension. Si l'on pouvait inventer un système permettant d'évacuer à chaque instant toute l'énergie transmise au bateau par le vent, la tension dans la ligne suivrait calmement la force du vent, sans surtensions. En réalité, les forces par frottement sont faibles, voire très faibles, par rapport aux forces en présence dans le vent et la ligne de mouillage, car les vitesses du bateau sont faibles, la plupart du temps. Elles sont aussi difficiles à modéliser. *Petites causes, grands effets* ! Ces deux raisons ne justifient cependant pas de les négliger ni les ignorer.

L'École Nationale des Sports de Montagne (Chamonix, France) a fait une étude expérimentale concernant la chute d'un alpiniste, judicieusement modélisé par un sac de 80 kg. Elle montre que, lors d'une chute, l'alpiniste rebondit une seule fois avant de se stabiliser (voir vidéo www.youtube.com/watch?v=8cwUaXR26CM). Si les frottements pouvaient être ignorés, cette expérience montrerait plusieurs oscillations de l'alpiniste autour de sa future position d'équilibre. Le graphique suivant est extrait de cette vidéo. Observez la courbe du Dyneema et surtout celle de la corde dynamique la plus élastique.



- **Pertes par frottement interne.** Cette option permet de prendre en compte l'amortissement des embardées dû aux frottements internes dans les bouts. Si vous sélectionnez “No”, le tableau se comporte en mode quasi “Élastique”. Si vous répondez “Yes”, vous pouvez spécifier le pourcentage de pertes quand la ligne se tend et quand elle mollit. Dans l'attente de données techniques communiquées par les fabricants de cordages, je n'ai pas de recommandations en ce qui concerne les valeurs à introduire. Il me semble cependant que les pertes sont inférieures à 5 %.
- **Frottement de la carène.** Si vous l'activez, le tableau calcule le frottement de la carène dans l'eau en se basant sur les formules de la mécanique des fluides et une estimation grossière, mais suffisante de la surface mouillée (elle sera probablement améliorée dans la prochaine version). Le paramètre (cellule jaune) est un facteur multiplicateur légèrement supérieur à 1 que vous pouvez introduire pour tenir compte de la rugosité de la carène, due principalement aux salissures (*fouling*).
- **Calculer les forces antidérive.** L'option précédente ne tient pas compte de l'effet antidérive de la carène et des appendices (voile de quille, dérive). En mécanique des fluides, le calcul des forces de frottement de l'eau sur une surface est différent de celui des forces de traînée d'un obstacle dans un écoulement.
- **Enfoncement de l'étrave.** La chaîne tire vers le bas, l'étrave s'enfonce donc dans l'eau (option en cours de développement).

Amortissement des embardées

Quoique je n'ai jamais vu ni utilisé ce que l'on pourrait appeler un “*amortisseur d'embardées*”, il est intéressant de se demander et de simuler l'effet qu'il pourrait apporter.

- **Amortisseur en Traction**
Amortisseur en Détente

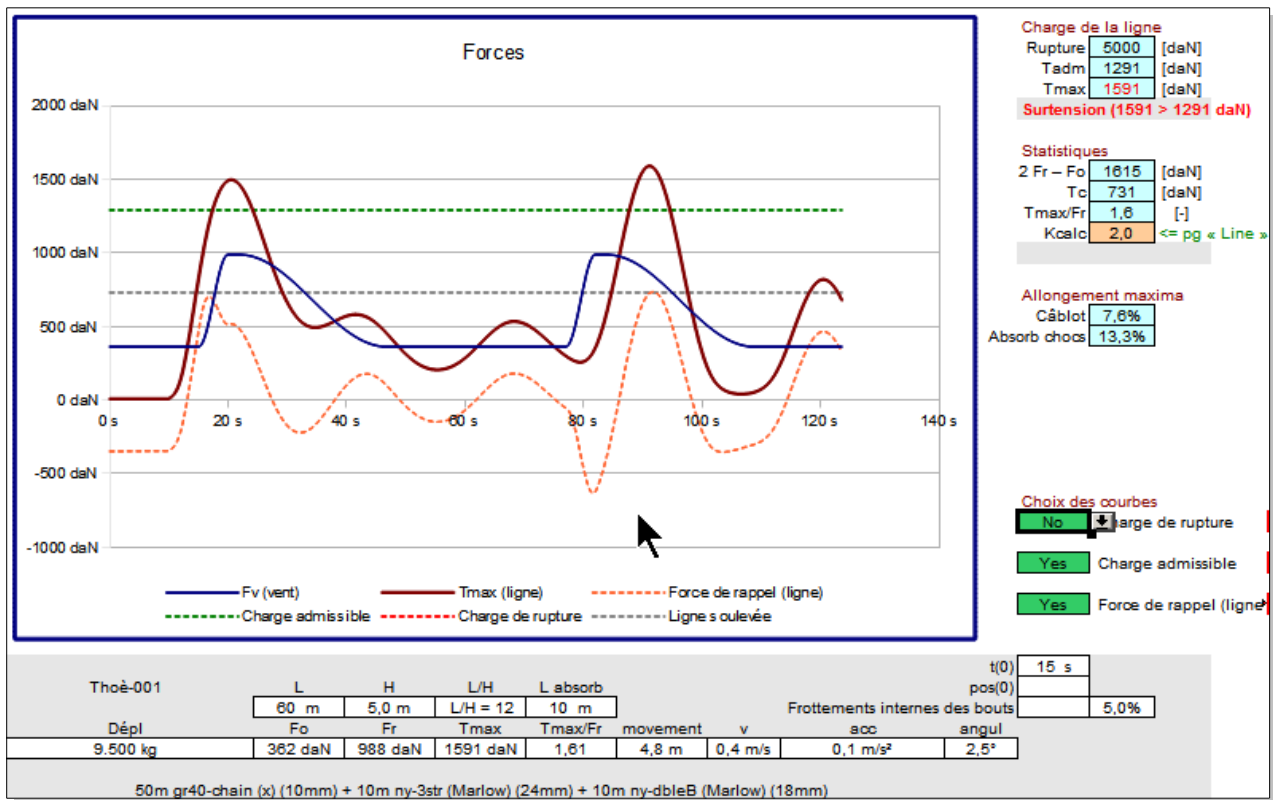
L'utilisation de cette option permet de montrer l'intérêt d'installer un amortisseur d'embardées. Les paramètres correspondent à la surface fictive ou réelle de l'amortisseur en [m²] et son Cx [sans dimension]. Le tableur calcule la force générée par l'amortisseur avec la formule $F = \rho C_x S v^2 / 2$ ou ρ est la masse spécifique de l'eau de mer (1025 kg/m³).

Configuration

- **Élasticité de la chaîne.** Elle est très faible. Ce n'est pas une raison valable pour la négliger !

4.4. Utilisation de la page “Graph”

Graphique “Forces au mouillage”



Profil du vent (bleu) et traction dans la ligne (rouge)

Résultats

- **Tmax.** C'est la charge maximale dans la ligne qui a été calculée par le tableau. Cela ne veut pas dire qu'elle ne sera pas dépassée si la période d'observation est rallongée ou si les données de base de la simulation sont modifiées !
- **Tc.** C'est la traction critique qui soulève complètement la chaîne du fond. Au-delà, l'angle de la ligne au niveau de la verge devient supérieur à zéro. Elle est représentée par une ligne horizontale dans le graphique. Cette information est significative, car vous constaterez que chaque fois que Tmax passe au-dessous (le bateau avance), la ligne subit une surtension importante, quand le bateau retend la ligne en reculant.
- **2 Fr - Fo.** C'est la charge dans la ligne calculée selon une méthode statique inadaptée au problème posé. En réalité, le comportement dynamique du système bateau-ligne prédomine à tel point que son analyse est incontournable. La différence $2 Fr - Fo$ est cependant une information intéressante, car elle est liée à l'intensité des rafales, dont on sait qu'elles sont à éviter (lire les explications dans le livre).

Choix des courbes

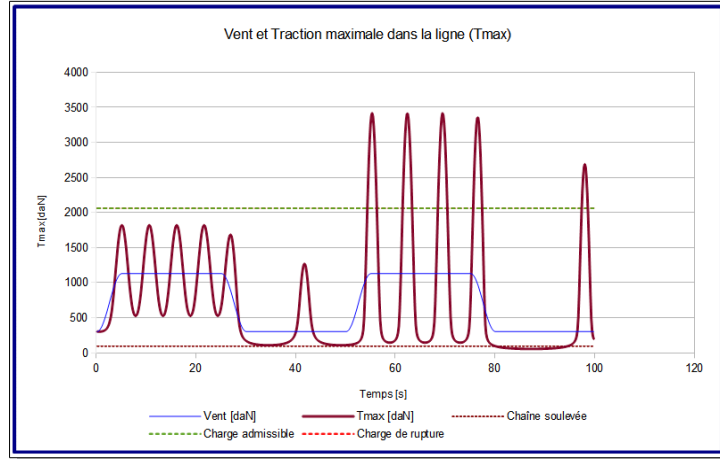
- **Charge admissible.** La ligne horizontale représentant le niveau de charge admissible s'affiche (elle est rappelée sous forme numérique dans la zone “Tadm”).
- **Charge de rupture.** La ligne horizontale représentant le niveau de la charge de rupture s'affiche (elle est rappelée dans la zone “Rupture”).

Ces deux options ont un effet sur l'échelle que le tableur choisit automatiquement pour l'axe vertical.

- **Force de rappel.** La différence qui existe entre la force du vent (F_v) et la projection de la tension dans la ligne sur l'horizontale (F) est la force poussant le bateau. Cette force est responsable d'une accélération du navire

(calculable grâce à la formule de Newton $F - Fv = m a$). Quand cette force est supérieure à zéro elle est dirigée vers l'ancre (le bateau remonte sur son ancre). Elle est utile pour comprendre la succession des pics de tension dans la ligne (voir livre).

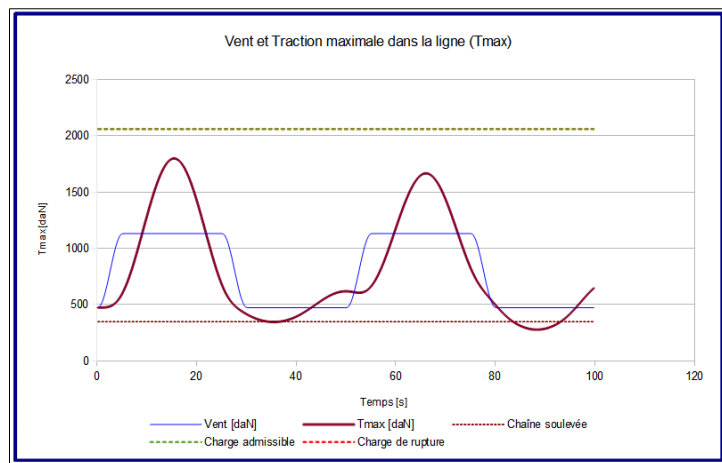
Interprétation des graphiques



Mauvais ! Ligne inadaptée ou conditions de mouillage intenables

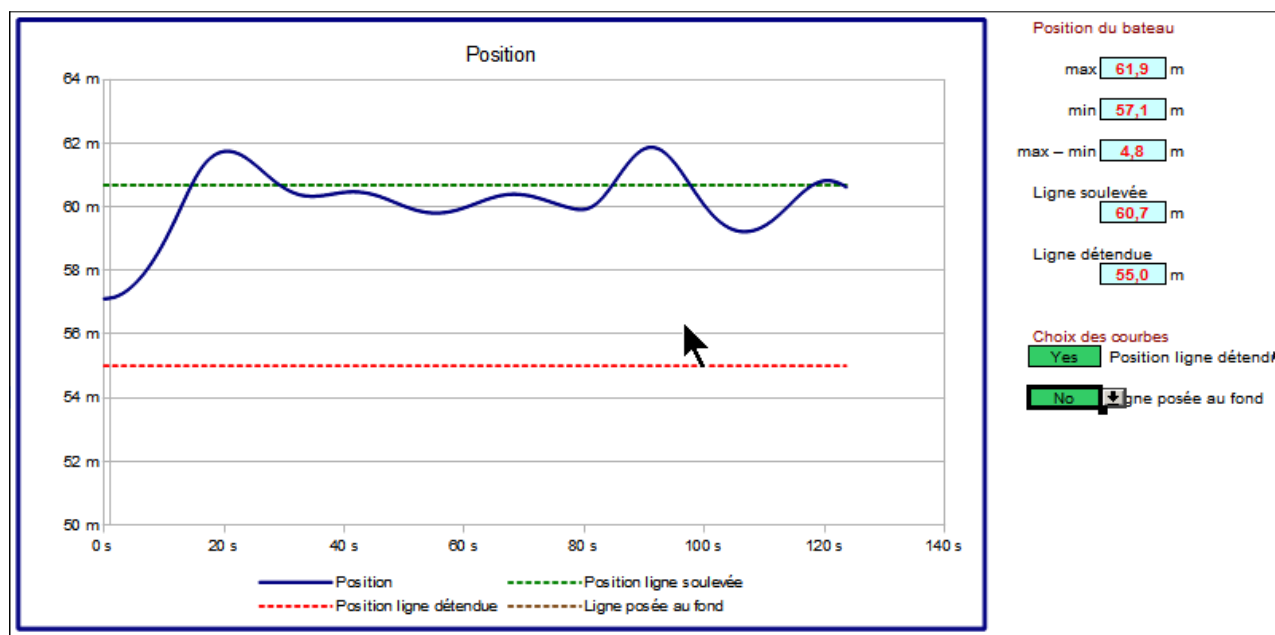
Quand la ligne est très raide ou très fortement sollicitée, des pics de tensions très raides et parfois très rapprochés apparaissent dans le graphique. Dans ce cas, malgré le bon niveau de précision des algorithmes de [calcul par éléments finis](#), il va de soi que la précision de la charge maximale atteinte en haut du pic peut être entachée d'une erreur importante dont on ne peut malheureusement pas déterminer le niveau. Cette erreur est principalement due aux imprécisions de base des caractéristiques élastiques des matériaux, au fait que cette situation frôle les limites de validité du modèle, au fait que certaines forces sont difficiles à modéliser, etc.

Dans ce cas, le "bon sens marin" nous dit que la simulation démontre qu'elle correspond à une situation comportant un risque à ne pas courir



Meilleur ! Ligne adaptée aux conditions du mouillage

Graphique “Position par rapport à l'ancre”



Position du bateau (bleu) et Chaîne soulevée (rouge)

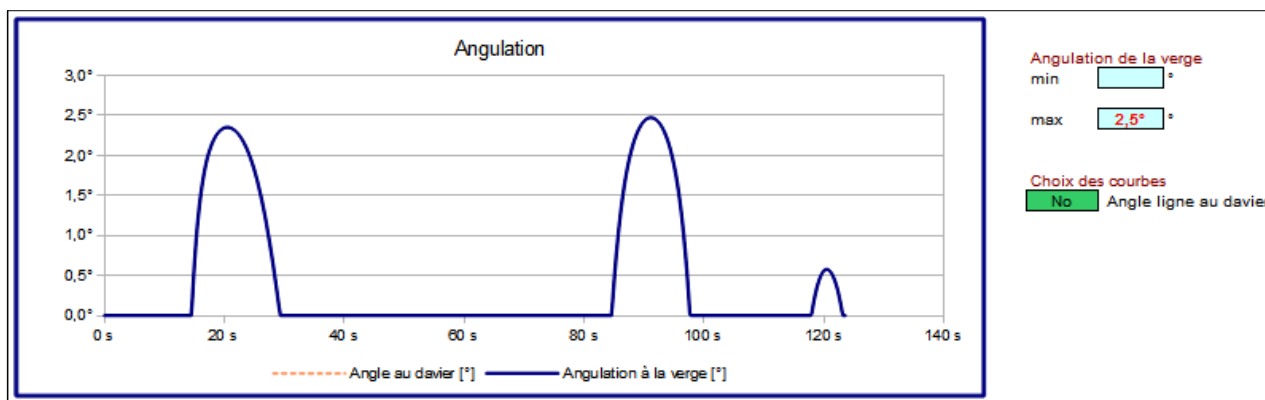
- **Position ligne détendue.** C'est la position que le bateau occuperait s'il remontait sur son ancre jusqu'à ce que la tension dans la ligne corresponde au produit de la hauteur d'eau par le poids linéique de la ligne. La ligne est alors posée sur le fond jusqu'au droit de l'écubier et remonte ensuite verticalement. Elle ne rappelle plus le bateau vers son ancre. D'un point de vue de la modélisation, c'est la position que le bateau est supposé occuper *statiquement* quand la force du vent est nulle.

Remarques

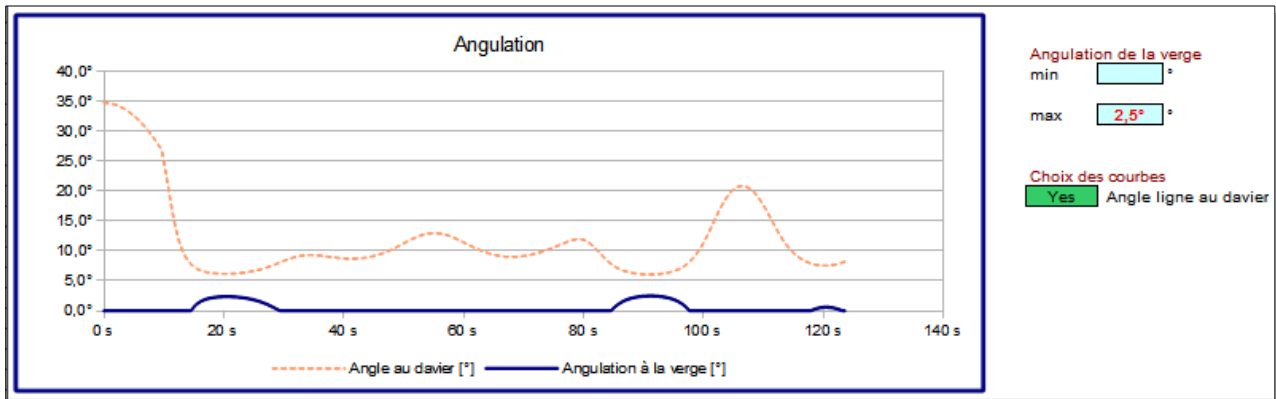
Il est intéressant d'observer ce graphique en même temps que le précédent (traction dans la ligne).

- Plus le bateau remonte sur son ancre (la courbe bleue passe largement sous la ligne rouge dans le second graphique), plus le choc dans la ligne qui se produit ensuite, est grand (pic important dans la courbe rouge du graphique “Forces”). Dans l'exemple, cette situation se produit de 55 à 70 secondes sur l'échelle du temps.
- La relation qui existe entre la position du bateau et la traction dans la ligne est évidente et logique.

Graphique “Angulation de la ligne”



Angle de la ligne à la verge (choisir No)



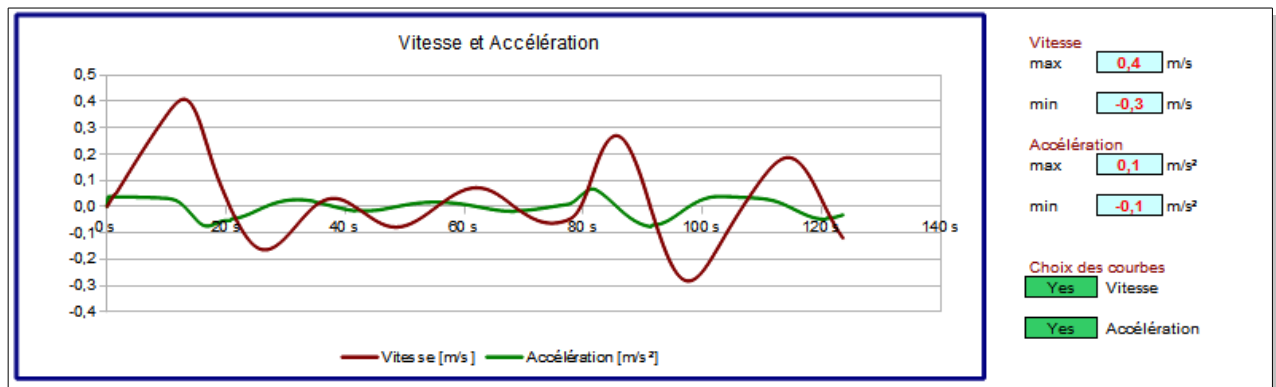
Angle de la ligne au davier (choisir Yes)

Remarque

L'angulation de la ligne désigne l'angle que fait la ligne à sa jonction avec la verge de l'ancre. Si elle est nulle (chaîne posée sur le fond), la traction sur l'ancre se fait parallèlement au fond. Avec une ligne toute textile, l'angulation est toujours supérieure à zéro, puisque le poids de la ligne est quasi nul dans l'eau (merci Archimède !)

L'angulation nulle est la situation considérée comme la plus sûre par les skippers, car l'ancre a un maximum de chance de ne pas dérapper. Quand il s'agit de mouillage par gros temps, c'est un idéal dont la ligne s'écarte au minimum de temps en temps, même si elle contient une forte longueur de chaîne.

Graphique "Vitesse et Accélération"

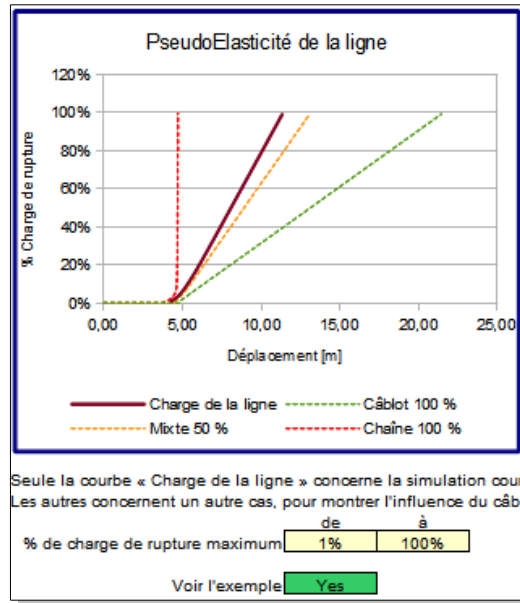


- **Visualisation Vitesse & Accélération.** Ces options permettent de contrôler l'affichage des courbes.

Remarque

Dans un mouillage venté, les vitesses et l'accélération du davier ne sont pas très élevées (la vitesse de la poupe est plus grande à cause d'une sorte de coup de fouet). Cela explique pourquoi les forces de frottement de la carène sur l'eau, l'effet des plans antidérive et les tentatives d'amortir les embardées par des dispositifs mécaniques sont de peu de secours pour limiter les tensions dans la ligne.

Graphique “PseudoElasticité de la ligne”



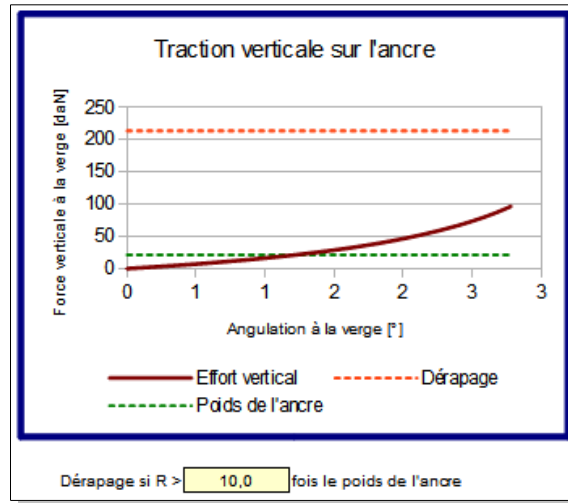
Ce graphique donne le déplacement du davier (en mètres) par rapport à la tension dans la ligne exprimée en pourcentage de sa charge de rupture (celle de l'élément le plus faible de la ligne). Il est établi sur base des propriétés statiques de la ligne (pour chaque force de traction en tête de la ligne, celle-ci trouve un équilibre et une position).

Remarques

Quand l'option “Voir l'exemple” est activée, trois courbes apparaissent. Elles montrent un exemple sans rapport avec la simulation en cours.

- **La ligne toute chaîne** (rouge) a une élasticité presque nulle. Entre le moment où la traction est très faible dans la ligne et le moment où elle atteint son maximum, le bateau ne s'est déplacé que de 50 centimètres. Dans la brise, on ne peut pas compter sur la chaîne pour absorber les chocs, au contraire elle en est responsable. Si le bateau recule subitement, car une vague déferle sur lui, la traction dans la ligne devient instantanément énorme.
- **La ligne toute textile** (verte) a une élasticité maximale. C'est elle qui permet le plus grand déplacement du bateau pour un niveau de tension donné dans la ligne. Attention, cela ne prouve pas que cette ligne soit la ligne idéale en mode dynamique. Dans ce mode, la relation (indescriptible et aléatoire en pratique) qui existe entre l'élasticité de la ligne, le déplacement du bateau et l'évolution de la force du vent dans le temps peut avoir des effets amortisseurs autant que des effets amplificateurs. Des interférences de nature oscillatoire peuvent se produire, comme dans le cas d'un bateau qui roule bord sur bord au mouillage, sous l'effet d'une houle insignifiante, à cause d'un phénomène de résonance. Dans ce cas, la période d'oscillation du bateau est proche de celle de la houle.
- **La ligne mixte** (orange) a des propriétés intermédiaires entre les deux autres.
- **La ligne continue** (rouge) est celle qui correspond à la simulation en cours. Il n'y a pas de rapport entre elle et les trois autres.

Graphique “Traction verticale sur l'ancre”



Quand l'angulation est supérieure à zéro, la ligne tire verticalement sur l'ancre.

- **Dérapage si R >.** Ce paramètre contrôle la ligne en pointillé (rouge). Elle représente la traction verticale maximale que l'ancre est supposée capable de supporter sans déraiper, compte tenu de la nature du fond.

Ce graphique sera peut-être le point de départ d'une tentative d'analyse de la tenue de l'ancre. Il est supposé répondre à la question : à partir de quelle angulation de la ligne l'ancre se mettra-t-elle à déraiper ?

Dans un pays libre comme celui où nous vivons, on est en droit de supposer que l'ancre s'extrait du fond si la force verticale qui agit sur sa verge dépasse un certain nombre de fois son poids. C'est une hypothèse extrêmement simpliste à laquelle je ne confierais pas le devenir de Thoè. En réalité, la dépendance peut faire intervenir des paramètres géométriques tels que la longueur de la verge ou l'angle de la pelle, sans oublier la nature incontrôlable du fond de la mer, etc. Je l'ai néanmoins conservée en attendant mieux (tout vient à qui sait attendre !), car cela donne une image qualitative du risque de dérapage de l'ancre pour cause de traction verticale trop importante sur la verge. La nature du fond intervient sans doute moins dans ce cas !

Il me semble que prétendre qu'une ancre dérape si l'angulation de la ligne dépasse X degrés est aussi stupide que de dire qu'il faut envoyer N fois la hauteur d'eau pour mouiller en sécurité !

La force qui extrait une ancre bien enfouie est relativement importante. Pour lever l'ancre, on conseille même de ne pas utiliser uniquement le guindeau, ou au moins de l'aider, en laissant faire le bateau et la houle quand le bateau est à pic de l'ancre. Si l'ancre et la chaîne qui pend entre le davier et le fond pèsent 40 daN et si le guindeau, dont la force de traction est de plusieurs centaines de daN, doit être aidé, c'est que la traction nécessaire pour désenfourir l'ancre vaut plusieurs fois son poids ! Une ancre s'enfouit profondément dans le fond pendant un coup de vent. Ainsi, Thoè a tenu 60 kts avec une angulation de la ligne de 12° (voir livre : “3 coups de vent en 24 heures”). Si une expérience isolée ne prouve rien de définitif, cela montre néanmoins qu'il faut sans doute une force de plus de 10 ou 15 fois le poids de l'ancre de Thoè, pour la désengager du fond.

Je réponds par anticipation aux intégristes anticalculs. Si ce graphique indique que l'ancre dérape, je leur garantis qu'elle dérapera à coup sûr ! Par contre, je serai moins affirmatif si le graphique montre qu'elle ne dérapera pas. Dans ce cas, je me rallierai à l'avis de ces contradicteurs bornés, car il reste à prouver que le fond est de bonne tenue !

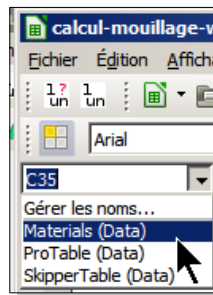
4.5. Utilisation de la page “Data”

Pourquoi la page “Data” ?

Cette page permet de :

- Sauvegarder les caractéristiques des lignes.
- Sauvegarder les caractéristiques des bateaux ou des simulations.
- Calculer les caractéristiques des bouts.
- Convertir des valeurs entre le système international et le système anglo-saxon.

Elle comporte trois tableaux principaux (ensemble de cellules) auxquels ont été donnés les noms suivants, pour faciliter leur tri.



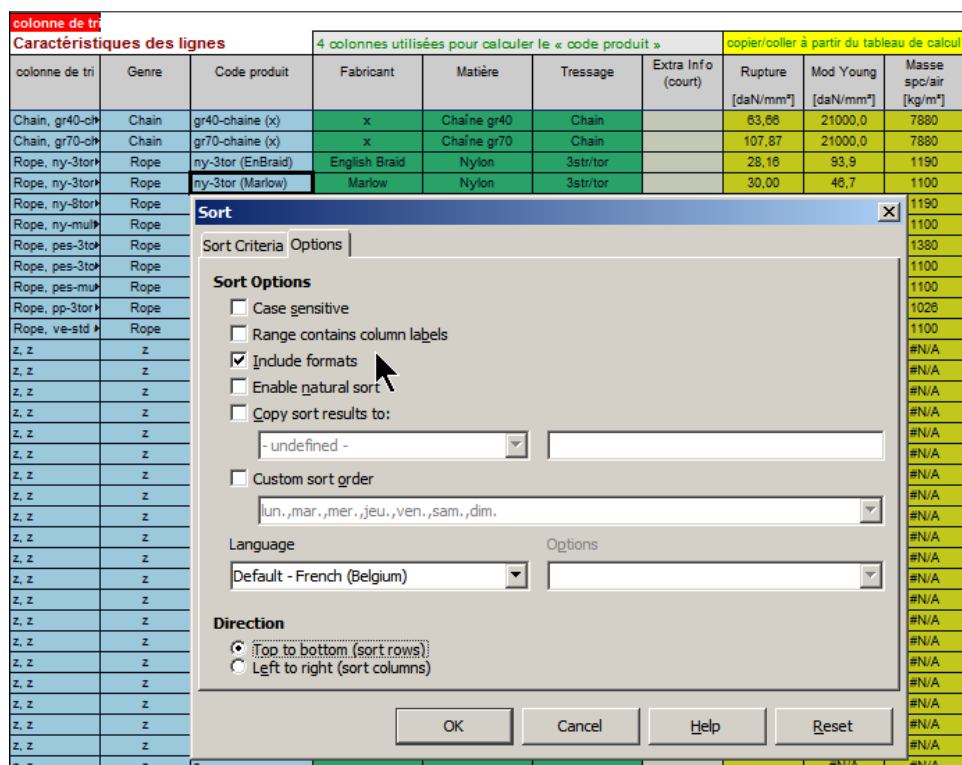
Liste des zones

- Sélectionnez “Affichage, Barre de Formules” pour que la liste des noms apparaisse en principe en haut à gauche de la fenêtre du tableur (il peut y avoir des différences liées à des incompatibilités du tableur utilisé).
- **Material (Data)** contient les caractéristiques des matériaux utilisables dans la ligne de mouillage (chaîne, câblots, bouts).
- **SkipperTable (Data)** contient 2 lignes de simulation pour votre bateau. La première peut correspondre, par exemple, à la ligne telle qu'elle a été grée à l'origine. Et la deuxième, celle que vous projetez d'installer.
- **ProTable (Data)** contient 50 lignes permettant d'enregistrer les caractéristiques de 50 bateaux ou 50 simulations, ou une combinaison des deux. Si vous êtes “Pro” et que cela ne vous suffit pas, prenez contact et une mise à jour vous sera envoyée sans frais.

Sauvegarder les données

Sauvegarder simplement la feuille de calcul (sélectionner “Fichier, Enregistrer”)

Trier un tableau



Les tables doivent être triées pour que le tableau fonctionne. Les options de tri sont les mêmes pour toutes les tables :

- Sélectionnez la zone à trier dans la liste des zones, ou sélectionnez manuellement la zone éditable du tableau (cellules jaunes).
- Sélectionnez “Outils, Trier”
- Colonne de tri : première colonne de la table.
- Sélectionnez l'option [Haut en bas (trier les lignes)]
- Activez l'option [Inclure les formats]
- Désactivez l'option [La table inclut des titres de colonne]

Tables “Matière”, “Tressage” et “Fabricant”

Le tableau calcule les caractéristiques dont il a besoin **pour tous les diamètres de ligne de même nature**. L'avantage est d'éviter de devoir créer les trop nombreux enregistrements qui résulteraient de l'introduction fastidieuse de données séparées pour chaque diamètre de chaque type de ligne. Rien ne vous empêche cependant de créer des enregistrements tels que *Nyl3-20mm* et *Nyl3-22mm*, si vous souhaitez que le tableau calcule avec plus de précision, si les propriétés dépendent fortement du diamètre.

Un cordage peut être défini en associant sa nature (par exemple “Nylon”), la manière dont il est tressé (par exemple “3 torons”) et son fabricant (par exemple “Marlow”). Cela permet de tenir compte des éventuelles différences pouvant exister entre les origines des cordages. Ces trois tables permettent de calculer des “*codes produits*” pour pouvoir les rendre manipulables dans les étroites cellules du tableau. Ils sont utilisés dans la page “Cockpit” et dans la “Data” elle-même.

ATTENTION !

Si vous modifiez les données existantes dans ces tables, il se peut que le tableau fasse des erreurs de calcul. Dans ce cas, il faut mettre à jour *manuellement* les **cellules vertes** qui font référence aux cellules modifiées (resélectionnez la valeur en déroulant les Combobox).

- Les cellules “Code” sont utilisées dans la page “Cockpit” (zone de saisie ~*Manuel*) et dans les “Listes de bateaux/simulations” des versions “Pro” et “Skipper” (page “Data”).
- Les cellules “Nom” sont utilisées dans la table “Caractéristiques des lignes” (page “Data”).

Matière		
Name	Code	Genre
Chaîne gr40	gr40	Chain
Chaîne gr70	gr70	Chain
Dyneema	dy	Rope
Nylon	ny	Rope
Polyamide	pa	Rope
Polyester	pes	Rope
Polyprop	pp	Rope
Vectran	ve	Rope

Codes “Matière”

Tressage		
Name	Code	Code
EN/FR	FR	EN
12str/tor	12tor	12str
3str/tor	3tor	3str
8str/tor	8tor	8str
Chain	chaîne	chain
Multi	multiT	multiB
Standard	std	std

Codes “Tressage”

Fabricant		
Nom	Code	Web
Cousin	Cousin	www.cousin-tretec.com
English Braid	EnBraid	www.englishbrads.com
Liros	Liros	www.liros.com
Marlow	Marlow	www.marlowropes.com
x	x	

Codes “Tressage”

Table “Caractéristiques des lignes”

Caractéristiques des lignes			4 colonnes utilisées pour calculer le « code produit »				copier/coller à partir du tableau de calcul						
colonne de tri	Genre	Code produit	Fabricant	Matière	Tressage	Extra Info (court)	Rupture [daN/mm²]	Mod Young [daN/mm²]	Masse spc/air [kg/m³]	%réduction	%réduction (usure)	allongement admissible	coeff sécurité recommandé
Chain, gr40-chaî	Chain	gr40-chaîne (x)	x	Chaîne gr40	Chain		63,66	21000,0	7880				2,0
Chain, gr70-chaî	Chain	gr70-chaîne (x)	x	Chaîne gr70	Chain		107,87	21000,0	7880				2,0
Rope, ny-3tor (E)	Rope	ny-3tor (EnBraid)	English Braid	Nylon	3str/tor		28,16	93,9	1190				
Rope, ny-3tor (M)	Rope	ny-3tor (Marlow)	Marlow	Nylon	3str/tor		30,00	46,7	1100	15,0%	15,0%	16,0%	4,0
Rope, ny-8tor (E)	Rope	ny-8tor (EnBraid)	English Braid	Nylon	8str/tor		30,21	137,3	1190				
Rope, ny-multiT (L)	Rope	ny-multiT (Marlow)	Marlow	Nylon	MultiT		30,49	47,6	1100	15,0%	15,0%	16,0%	4,0
Rope, pes-3tor (E)	Rope	pes-3tor (EnBraid)	English Braid	Polyester	3str/tor		23,87	103,5	1380				
Rope, pes-3tor (M)	Rope	pes-3tor (Marlow)	Marlow	Polyester	3str/tor		24,83	62,1	1100			7,5%	4,0
Rope, pes-multiT (L)	Rope	pes-multiT (Marlow)	Marlow	Polyester	Multi			39,8	1100				
Rope, pp-3tor (M)	Rope	pp-3tor (Marlow)	Marlow	Polyprop	3str/tor		18,75		1026				
Rope, ve-std (M)	Rope	ve-std (Marlow)	Marlow	Vectran	Standard		136,44	4283,0	1100		10,0%	2,5%	4,0

- **Fabricant, Matière & Tressage.** Sélectionnez parmi les options possibles en déroulant la combobox.
- **Rupture [daN/mm²]**
Mod Young
Masse spc/air. Ces données doivent être calculées au moyen de la zone de calcul se trouvant sous le tableau. L'aide est donnée dans le tableau lui-même.

Calcul des caractéristiques élastiques des bouts				Ces cellules sont calculées à partir des données Utilisez « Copier / Collage spécial » pour les recopier				
				23,87	214,87	944,60		
				1. Sélectionnez ces cellules				
				2. Sélectionnez « Editer, Copier »				
				3. Sélectionnez les 3 cellules cibles dans « Col				
				4. Sélectionnez « Editer, Collage spécial »				
				5. Sélectionnez UNIQUEMENT « Valeurs » ou « N				
Charge de travail admissible	[%]	%r	45,0%	<= Valeur pour la zone d'utilisation dans la partie basse de la courbe %r / %a				
Allongement correspondant	[%]	%a	5,0%	<= Valeur pour la zone d'utilisation dans la partie basse de la courbe %r / %a				
Masse spc/air	[kg/m³]		1100					
Diamètre nominal	[mm]	d	18,0	20,0	28,0	32,0		
Masse linéique	[kg/100m]		24,0	30,0	42,6	53,0	82,0	<= Ignorer les d
Rupture		kg	6500,0	7300,0	10000,0	14640,0	18840,0	à cause d'erreu
			1	1	1	1		
Section nominale	[mm²]	$S = \pi d^2/4$	254,5	314,2	615,8	804,2		
Masse spécifique	[kg/m³]	masse spc/air	943,1	954,9	860,7	1019,6		<= Vérifier qu'il
Rupture	[daN/mm²]	Tr	225,1	23,2	23,8	23,4		sinon, il faut cré
Module de Young	[daN/mm²]	$E' = Tr \cdot \%r / \%a$	225,5	209,1	214,0	210,8		
		Se référer au catalogue du fabricant (ex: http://marlowropes.com/leisure-marine-products-1/mooring/multiplait-nylon.html)						
Rupture	[daN/mm²]		23,87	<= Valeur moyenne des 5 colonnes				
Module de Young	[daN/mm²]		214,87	<= Valeur moyenne des 5 colonnes				
Masse spécifique	[kg/m³]		944,60	<= Valeur moyenne des 5 colonnes				

Zone permettant le calcul des propriétés élastiques des bouts
(son utilisation est documentée dans le tableau lui-même)

Introduisez ensuite les autres caractéristiques

- **%réduction (mouillé)**. Certaines matières, le nylon par exemple, perdent une partie de leur résistance quand ils sont mouillés. Indiquez le pourcentage de perte de résistance.
- **%réduction (usure & âge)**. Les textiles sont la proie de plusieurs types d'agressions qui diminuent leur résistance au cours du temps (usure interne due au frottement entre les fibres et à des particules de sable, rayons solaires, produits chimiques, rouille, hydrocarbures, vieillissement, etc.) Vous pouvez introduire un pourcentage de réduction. Il peut être d'autant plus faible que vous remplacez souvent vos bouts par des nouveaux (recommandation : 10% à 15%).
- **Allongement admissible**. Plus un cordage est fortement et fréquemment étiré, plus sa résistance diminue avec le nombre de cycles auxquels il est soumis. Il est donc prudent de ménager les cordages en limitant leur allongement admissible. Ce paramètre permet un contrôle redondant (mais souhaitable) par rapport à celui de la résistance de travail admissible, car l'allongement maximum est forcément lié au coefficient de sécurité utilisé, puisque ce dernier impose une charge de travail admissible maximum.
- **Coef sécurité recommandé**. Pour une chaîne dont la *fonction est passive et l'état facilement contrôlable*, on utilise en général un coefficient de sécurité égal à 2. Pour un bout textile dont la *fonction est active et l'état quasi incontrôlable*, il est logique d'utiliser un coefficient de sécurité plus grand, par exemple 4.

Remarques

Diamètre nominal. C'est le diamètre par lequel on qualifie le calibre d'une chaîne ou d'un bout. Si l'on calcule une section à partir de ce calibre (avec la formule $S = \pi d^2/4$), on ne trouve pas la section de matériau réellement utile. La section d'un fil homogène de même diamètre est inférieure à la section d'acier utile dans une chaîne (les maillons ont deux côtés). Elle est supérieure à la section utile d'un bout textile (il y a des espaces libres entre les fibres). Le tableau utilise des coefficients de corrections pour tenir compte de cette remarque, sans vous obliger à introduire une infinité de propriétés dans le modèle. Ce travail fastidieux entraînerait de nombreuses erreurs de distraction.

Mod Young (module de Young). Le tableau fait l'hypothèse que l'élasticité des bouts est contenue dans la zone de travail. Le module de Young n'est généralement pas communiqué par les fabricants. Il faut le déterminer soi-même à partir des données qu'il veut bien fournir.

La zone de travail située sous la table "Caractéristiques des lignes" permet de déterminer ce coefficient indispensable au calcul de l'allongement des bouts. Elle utilise le ratio %r / %a que les fabricants sérieux publient. En-

dessous de la charge de travail admissible, la courbe %r - %a est généralement suffisamment proche d'une droite, pour pouvoir faire l'hypothèse que le ratio %r / %a est constant. Cette hypothèse simplificatrice n'a rien à envier au manque d'information de qualité que les fabricants oublient de communiquer !

Masse spc/air (masse spécifique). Pour l'acier, c'est 7880 kg/m³. Cette donnée est importante pour le calcul de la chaîne dans la ligne de mouillage. Grâce à Archimède, le poids du textile est toujours négligeable lorsqu'il est plongé dans l'eau (entrez une valeur légèrement supérieure à 1000, par exemple 1100 kg/m³). Le tableau calcule lui-même les masses spécifiques dans l'eau.

Liste de simulations et de bateaux

Les deux tables suivantes sont pareilles. Le tableau utilise l'une ou l'autre en fonction de la version activée par votre clef personnelle. Si nécessaire, la version "Free" utilise la même table que la version "Skipper".

Version de la	Type	Type	Type	Dépl	Fact trainée	Fact trainée	LVL	Largeur	Longueur	Largeur	Chaîne	d chaîne	L chaîne	Câble	d câble	L câble	Elastique	d élastique	L élastique	Ancre	Remarque
Remarque	Bateau	Coque	Carrée	[m]	Cx S vent élargi	Cx S embarquée	m	m	m	m	type	[mm]	[m]	type	[mm]	[m]	type	[mm]	[m]		
Thoe-01	1 Skipper	1 Courbe	1 Moderne	9500	10.47	17.4	12	3.5	12.5	4.0	Chaîne garnie	10	100	type03	24	50	type0000	22	12	Rosca 25 kg	
Thoe-13	1 Skipper	1 Courbe	1 Moderne	8690	10.5	17.4	12	3.5	12.5	4.0	Chaîne garnie	10	100	type03	24	50	type0000	22	12	Rosca 25 kg	

La plupart des informations demandées se passent de commentaires. Certaines ne sont pas utilisées par le tableur, mais elles peuvent être introduites pour disposer d'une description relativement complète des bateaux.

- **Largeur du bateau.** Dans le calcul du fardage des multicoques, le tableau tient compte de la largeur du bateau. C'est pourquoi il utilise comme vocabulaire "largeur du bateau" et pas "largeur de la coque".
- **Fact trainée Cx S.** La force de fardage dû au vent est proportionnelle au carré de sa vitesse. Le coefficient de proportionnalité dépend des caractéristiques géométriques du bateau. Le facteur de traînée est calculé dans la page "Force". Si vous mémorisez les résultats, recopiez-les leurs valeurs ici (sans les formules !)

Remarque

Une fois que le Cx S est connu, il est utilisable avec une excellente approximation sans devoir recalculer le fardage du bateau chaque fois que le vent change de vitesse. L'hypothèse simplificatrice consiste à supposer que l'angle des embarquées ne dépend pas de la vitesse du vent. Si cette hypothèse ne convient pas à votre bateau, il faut alors sélectionner le mode ~Manuel dans la page "Cockpit" et modifier l'angle des embarquées dans la page "Force". En général cette recherche de rigueur ne donne pas lieu à des avantages significatifs.