

## Modélisation d'une structure hydroglisseuse par la méthode des éléments finis

### [ Modeling of a hydroplane structure by the finite element method ]

*Lema Nkwalu Blaise<sup>1</sup>, Cimbela Kabongo Joseph<sup>1</sup>, Makengo Lutimba Hubert<sup>2</sup>, and Kabeya Mukeba Leonard<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Département de physique et techniques appliquées, Faculté des sciences, Université Pédagogique Nationale (UPN), Kinshasa, RD Congo

<sup>2</sup>Université Nationale de Kinshasa (UNIKIN), Kinshasa, RD Congo

<sup>3</sup>Institut Supérieur de Techniques Appliquées (ISTA) Kinshasa, RD Congo

---

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Global warming is making our rivers become non-navigable during the dry season, following a considerable decline; pushing the population to lock up. It seemed interesting to us to try to overcome this insufficiency by initiating the calculation of a hydroplane leading to a prototype. In this article, we will have to calculate the conditions of resistance of the structure of the hydroplane in maximum load, using the relations of the nonlinear elasticity and the plasticity in fracture mechanics, based on the finite element methods.

**KEYWORDS:** modeling; structural mechanics; numerical methods; finite element methods; hydroplane.

**RÉSUMÉ:** Le réchauffement climatique fait à ce que nos innombrables cours d'eaux deviennent de plus en plus non navigables, pendant la saison sèche, suite à une considérable décrue; poussant ainsi la population en s'enfermer à eux même. Ainsi, face à cet anachronisme des temps modernes, il nous a paru intéressant de tenter de pallier à cette insuffisance en initiant le calcul d'un hydroglisseur conduisant à un prototype modèle. Dans cet article, nous aurons à calculer les conditions de résistances de la structure de l'hydroglisseur en charge maximale, à l'aide des relations de l'élasticité non linéaire et de la plasticité en mécanique de rupture, en se basant sur les méthodes numériques, plus précisément celle des éléments finis.

**MOTS-CLEFS:** modélisation ; mécanique de structure ; méthodes numériques ; méthodes des éléments finis ; hydroglisseur.

## 1 INTRODUCTION

Dans l'introduction de cet article, nous donnons d'abord le cadre dans lequel se place ce travail.

### 1.1 POSITION DU PROBLÈME

La recherche du bien-être a toujours poussé l'homme à envisager les voies et moyens en vue d'améliorer ses conditions de vie du milieu dans lequel il évolue, à partir de l'interface solide-liquide (1-2) et ses applications multiples pour la mobilité.

C'est dans cette optique, que l'homme doit adapter en permanence, des techniques et technologies appropriées aux conditions du milieu pour assurer son développement intégral.

Cependant, le réchauffement climatique fait à ce que nos innombrables cours d'eaux deviennent de plus en plus non navigables, pendant la saison sèche, suite à une considérable décrue.

En effet, cette situation devient plus déplorable à l'associer à l'inexistence d'un réseau adéquat de voies ferrées, routières et aérienne dans la sous-région ; poussant ainsi la population à s'enfermer à eux même et vivre loin de la civilisation suite à leur enclavement.

En outre, pour accroître le secteur touristique, la sous-région peut compter sur les cours d'eaux en expérience d'autres pays vastes comme le Canada et les USA.

Ainsi, face à cet anachronisme des temps modernes, il nous a paru intéressant de tenter de pallier à cette insuffisance dans le passé en initiant le calcul d'un hydroglisseur conduisant à un prototype modèle.

L'intérêt d'un tel sujet montre que construire, c'est prévoir, nous dit un adage scientifique selon notre entendement, dans cet article nous aurons à calculer les conditions de résistances de la structure de l'hydroglisseur à vide et en charge maximale en respectant toutes les normes de la structure élastique jusque dans la zone dite de rupture en mécanique.

Ce concept, une fois assuré, pourrait être un déclic pour la réalisation d'un aéroboat ; en unitaire, afin de produire localement dans notre pays. La République Démocratique du Congo a des voies navigables pour relier Ilebo à Kinshasa, Kisangani à Kinshasa, la ville de Kinshasa à Maluku, de Muanda à Matadi, les hydroglisseurs pourraient avoir un impact socio-économique visible dans le futur.

Nous limitons la présente étude, aux calculs de la structure du corps compartiment par compartiment, anneau par anneau. A l'aide des relations de l'élasticité non linéaire et de la plasticité en mécanique de rupture en se basant sur les méthodes numériques en mécanique de la rupture plus précisément la méthode des éléments finis.

## 2 LA FISSURATION ET LES AUTRES MODES DE RUINE

Les modes de ruine en mécanique des solides sont nombreux. [1-3] Parmi les principaux, la ruine due à la fissuration est un danger essentiel à prendre en compte lors de la conception de structures à côté d'autres modes comme la ruine par déformation plastique, flambement, fluage, corrosion, etc. La fissuration prend en compte l'existence de défauts de fabrication comme des inclusions ou des vides dans le matériau ou encore de zones d'endommagement à partir desquels des fissures vont s'initier puis se propager pour parvenir à une taille où la structure atteint la ruine.

Différents types de fissuration sont à distinguer :

- La fissuration stable qui comprend
  - La fissuration quasi-statique sous une charge constante,
  - La fissuration par fatigue sous une charge répétée et
  - La fissuration dynamique lorsqu'une charge est appliquée soudainement;
- La fissuration instable qui est instantanée et à laquelle peut conduire la fissuration stable.

### 2.1 RUPTURE ET ENDOMMAGEMENT

Il y a principalement deux modèles pour représenter la fissuration des structures : la mécanique de l'endommagement et la mécanique de la rupture.

Dans un modèle simple, la relation entre les contraintes  $\sigma$  et les déformations  $\epsilon$  en présence d'endommagement devient  $\sigma = (1 - D)E\epsilon$ , où  $E$  est le module de Young et  $D$  est la variable d'endommagement variant entre 0 et 1 pour laquelle il reste à postuler un modèle d'évolution. La mécanique de l'endommagement est appropriée pour représenter l'initiation de la fissuration à partir de micro-fissures mais aussi d'autres modes de ruine comme le fluage, par exemple.

Au contraire de cette théorie continue, la mécanique de la rupture suppose l'existence d'une ou plusieurs macro-fissures présentes dans le matériau de part et d'autre desquelles les déplacements, déformations et contraintes sont discontinus. La mécanique de la rupture peut s'appliquer soit en conception et dimensionnement après une analyse d'endommagement qui prédit une bande de fort endommagement qui devient modélisée par une fissure, soit en production si une fissure est décelée dans une structure en service pour évaluer la durée de vie résiduelle de celle-ci.

Les équations à résoudre pour obtenir les déplacements, déformations et contraintes en tout point du solide fissuré sont les mêmes que celles pour le solide non-fissuré mais une condition aux limites supplémentaire sur les nouvelles frontières

internes est imposée : les tractions sont connues sur les deux lèvres de la fissure, généralement nulles dans le cas habituel où aucune force n'est exercée sur les bords.

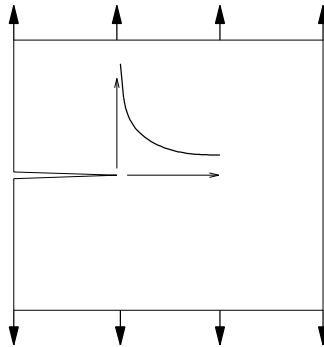


Fig. 2.1 – Singularité des contraintes

Il est nécessaire de formuler une loi de comportement pour le matériau étudié. Si le matériau est fragile, un comportement élastique est admis. Il résulte de cette loi que les contraintes deviennent infinies au front de fissure. Cette singularité des contraintes, illustrée sur (la figure 2.1), est proportionnelle à l'inverse de la racine carrée de la distance au front. De manière simplifiée et sur une ligne dans le prolongement de la fissure, la tension est exprimée sous la forme

$$\sigma = \frac{K}{\sqrt{2\pi r}} \tag{2.1}$$

Où  $r$  est la distance au front et  $K$  est appelé facteur d'intensité de contrainte. Il dépend de la longueur de la fissure, de la géométrie et des forces appliquées. Cette équation montre que, quel que soit le matériau, il y a une zone de déformation plastique. L'hypothèse de matériau fragile, qui revient à négliger la plasticité dans cette zone, est justifiée et satisfaisante pour décrire le comportement d'un matériau si cette zone est suffisamment petite. Dans le cas contraire, le matériau est dit ductile et une loi de comportement élasto-plastique est adoptée.

## 2.2 MÉTHODES NUMÉRIQUES EN MÉCANIQUE DE LA RUPTURE

La méthode des éléments finis classique a montré son efficacité et sa puissance pour résoudre de nombreux problèmes en mécanique des solides [4]. En effet, pour appliquer cette méthode, une division (appelée maillage) du domaine en sous-domaines dont les frontières doivent correspondre aux frontières du domaine est nécessaire. Comme les frontières internes changent d'une analyse à l'autre, cette opération de maillage doit être recommencée à chaque étape, au moins dans une zone entourant la formation des nouvelles frontières. On distingue trois familles principales de méthodes numériques plus appropriées que la méthode classique des éléments finis pour la propagation de fissures. Nous les schématisons sur la (figure 2.2) et les décrivons ci-dessous dans l'ordre chronologique de leur apparition.

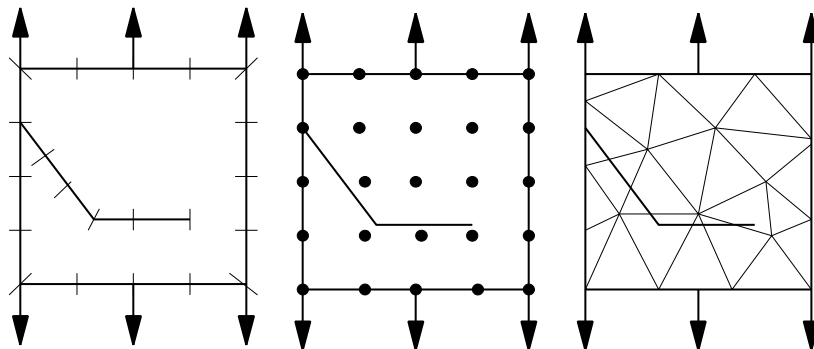


Fig. 2.2 – Trois méthodes numériques pour l'analyse des corps fissurés

### 2.2.1 MÉTHODE DES ÉLÉMENTS DE FRONTIÈRE

Elle est appliquée aux problèmes de mécanique de la rupture depuis une vingtaine d'années, elle présente pour principale caractéristique de ne demander qu'une discrétisation de la frontière du domaine et non de l'intérieur. Le travail de remaillage entre chaque étape est donc minime puisqu'il suffit d'ajouter un ou quelques éléments sur les incréments de fissure. Pour ces problèmes, un maillage de la zone plastifiée est nécessaire, ce qui fait perdre une grande partie des avantages de la méthode. Les articles sur ce sujet sont nombreux, comme par exemples Portela, Aliabadi et Rooke [5] et Yan et Nguyen-Dang [6] pour la fissuration à deux dimensions et Mi et Aliabadi [7] à trois dimensions.

### 2.2.2 MÉTHODE SANS MAILLAGE

Elle est appliquée aux problèmes de mécanique de la rupture depuis 1994, cette méthode est plus proche de la méthode des éléments finis que la méthode précédente. Elle se base sur la résolution de la forme faible des équations aux dérivées partielles par une méthode de Galerkin comme en éléments finis mais par contre l'approximation du champ de déplacement qui est construite pour être introduite dans la forme faible ne nécessite pas de maillage. Seul un ensemble de nœuds est réparti dans le domaine et l'approximation du champ de déplacement en un point ne dépend que de la distance de ce point par rapport aux nœuds qui l'entourent et non de l'appartenance à un certain élément fini.

### 2.2.3 MÉTHODE DES ÉLÉMENTS FINIS ÉTENDUE

Elle est la plus connue sous le sigle XFEM (pour eXtended Finite Element Method) et parfois appelée méthode des éléments finis généralisée, elle est appliquée aux problèmes de mécanique de la rupture depuis 1999. Elle se base sur la méthode des éléments finis avec un maillage normal en remplaçant les éléments qui sont coupés par une fissure par des éléments spéciaux possédant quelques degrés de liberté supplémentaires qui permettent de représenter un champ de déplacement discontinu de part et d'autre de celle-ci. La propagation est simulée en remplaçant les éléments nouvellement traversés par une fissure par un élément spécial. Moës, Dolbow et Belytschko [8] présentent la méthode à deux dimensions et Moës, Gravouil et Belytschko [9] et Gravouil, Moës et Belytschko [10] présentent la méthode à trois dimensions.

## 3 GÉNÉRALITÉS SUR LES HYDROGLISSEURS

Dans ce chapitre, nous essayons de définir un hydroglisseur. Proposer sa constitution et son mode de fonctionnement Lema N.B. [11]. Dans la suite nous illustrons quelques différents types d'hydroglisseur exploités actuellement dans le monde et mal connu dans les pays de l'Afrique subsaharienne et en particulier en RD Congo.

### 3.1 DÉFINITION

Un hydroglisseur est un bateau à fond plat qui est propulsé grâce à une hélice aérienne ou un réacteur [12]. Il tire son énergie de l'air en interface solide-air. Chose différente du bateau qui tire son énergie de l'eau en interface solide-eau.

Bref un hydroglisseur a l'avantage d'avoir au moins une surface mouillée en fonction de sa charge. Par contre le bateau a une surface mouillée avec probabilité d'accrochage rotationnel de son hélice de propulsion.

### 3.2 CONSTITUTION ET FONCTIONNEMENT

#### 3.2.1 CONSTITUTION

L'hydroglisseur est constitué de trois parties principales ; il s'agit de la coque, l'habitacle et la partie génératrice d'énergie de propulsion.

L'ensemble constitue une structure complexe qui nous mènera à se confronter à un problème général du type tiré de (1) ci-après :

$$\Delta(u) = f \text{ dans } \Omega \quad (3.1)$$

De la grandeur  $\Delta$  représente un opérateur appliqué dans le domaine considéré  $\Omega$  de l'hydroglisseur.

La variable d'état vectoriel cherché  $u$  et ou la quantité  $f$  est fonction donnée, car on doit savoir ce que l'on cherche à faire avec une telle machine pour raison de mobilité et de la charge à transporter.

La constitution de l'hydroglisseur comme domaine ( $\Omega$ ) peut se substituer en sous-ensemble de la manière suivante :

$$\Omega = \bigcup_{i=1}^n \Omega_i \quad (3.2)$$

Où  $i= 1, n$ .

Le cas précité de la structure  $n= 3$  pour raison de simplicité.

### 3.2.2 FONCTIONNEMENT

L'hydroglisseur étant muni d'un moteur thermique produit de l'énergie mécanique à partir de combustible faucille.

Cette énergie entraîne les aubes et les hélices qui permettent selon les angles d'inclinaison à créer une action qui suscite la propulsion de l'hydroglisseur (figure 3.1). Une fois lancé, l'hydroglisseur se redresse en flottaison par réduction de sa surface mouillée qui confère à la minimisation de la trainée lors de contact inter facial solide-liquide de la structure. Le fonctionnement est simple, la seule différence est la non émergence de l'hélice comme dans le bateau (figures 3.2) où l'hydroglisseur est bondé d'une équipe des touristes.

On ignore jusqu'à ce jour les énergies libres inter faciales au niveau de l'hélice et air, et de la coque avec l'eau pour une structure de l'hydroglisseur.



Figure 3.1 : hélice portée en l'air [13]



Figure 3.2 : l'équipe des touristes [14]

### 3.3 LES DIFFÉRENTES SORTES D'HYDROGLISSEURS

La revue de la littérature nous a permis de récolter quatre types d'hydroglisseurs dont nous n'allons pas entrer dans les détails. Nous allons nous atteler dans la suite aux dimensionnements d'un prototype conception. Il s'agit :

- hydroglisseur bateau touristique à passagers - PANTHER 33 X 12 - 10 figure (3.3);
- hydroglisseur perso figure (3.4) ;
- hydroglisseur de Vietnam figure (3.5) ;
- hydroglisseur de débarquement Landing-craft-air 2012-02-6-21 figure (3.6).



Figure 3.3 : bateau touristique à passagers [15]



Figure 3.4 : hydroglisseur perso [16]



Figure 3.5 : hydroglisseur de Vietnam [17]



Figure 3.6 : hydroglisseur de débarquement Landing-craft-air [18]

## 4 PRINCIPES CONCEPTUELS DE FABRICATION

Ce point nous indique les procédés et la méthode de fabrication des éléments qui constitueront l'Aeroboat ; en commençant par l'échafaudage, la préparation des anneaux et des arcs considérés comme élément de base dans la réalisation de la structure métallique de l'hydroglisseur ; la méthode des anneaux sera optée pour la construction du fuselage de l'Aeroboat.

### 4.1 AEROBOAT

L'Aeroboat vient du mot Aero : air et Boat : bateau, 26m de longueur et 4m de diamètre avec hélice de propulsion. L'Aeroboat est un hydroglisseur avec fuselage, au repos ses flotteurs sont immergés de 50 cm, en mouvement il glisse sur eau et capable d'atteindre la vitesse de 200km/h

### 4.2 LES ANNEAUX

Les anneaux sont des grandes bagues réalisées en tube carré, ce sont des pièces maîtresses dans la fabrication de la structure de l'Aeroboat. Nous utiliserons les anneaux de 4m, 3m et 1,4m de diamètre intérieur pour construire le fuselage et l'entonnoir de l'Aeroboat.

### 4.3 FUSELAGE

Le fuselage de l'Aéroboat est un corps cylindrique droit (figure 4.1). L'échafaudage étant fabriqué, nous allons successivement les 8 premiers anneaux. Ainsi, apparaissent les 7 premiers compartiments du fuselage. En reliant successivement les anneaux entre eux par des tubes longitudinaux parallèles, nous obtenons un corps cylindrique rigide similaire à celui d'un avion. Ce dernier aura trois parties notamment :

- L'habitacle ;
- Les soutes de bagages ;
- Le tunnel d'axes des machines.

En outre, si l'engin est cargo, il aura deux parties, c'est-à-dire la partie habitacle est confondue avec les soutes de bagages.

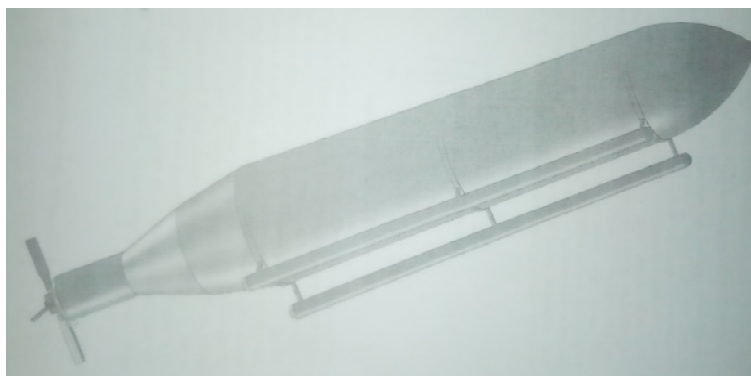


Figure 4.1 : aeroboat.

## 5 CALCUL DE STRUCTURE DE L'AEROBOAT

Nous avons utilisé le logiciel RDM7 pour résoudre les différents calculs de l'ossature de notre hydroglisseur.

### 5.1 RÉSULTATS NUMÉRIQUES

Soit une poutre avec les caractéristiques suivantes :

#### Matériau

Nom du matériau = Acier inoxydable ; Module de Young = 210000 MPa

Masse volumique = 8000 kg/m<sup>3</sup> ; Limite élastique = 250 MPa

#### Noeuds [ m ]

Noeud 1 : x = -2.750 ; Noeud 2 : x = 0.000 ; Noeud 3 : x = 4.500

Noeud 4 : x = 9.000 ; Noeud 5 : x = 12.000 ; Noeud 6 : x = 15.000

Noeud 7 : x = 17.200 ; Noeud 8 : x = 19.360

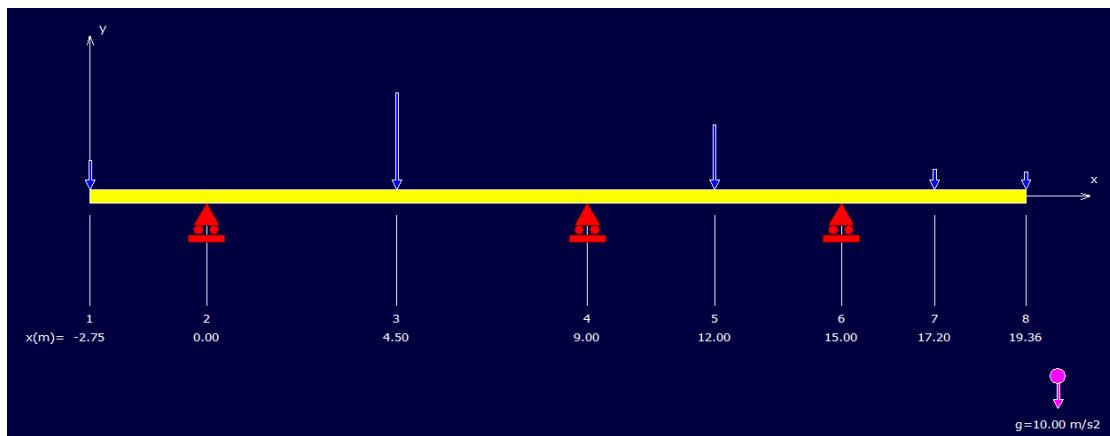


Figure 5.1 : poutre chargée.

Section(s) droite(s)

Noeuds 1 --> 8

Carré plein : C = 60.00 (mm)

Aire = 36.00 cm<sup>2</sup>

Moment quadratique : I<sub>z</sub> = 108.00 cm<sup>4</sup>

Fibre supérieure : v<sub>y</sub> = 30.00 mm Wel.z = 36.00 cm<sup>3</sup>

Fibre inférieure : v<sub>y</sub> = 30.00 mm Wel.z = 36.00 cm<sup>3</sup>

Poids de la structure = 6367.68 N (g = 10.00 m/s<sup>2</sup>)

Liaison(s) nodale(s)

Noeud 2 : Flèche = 0 ; Noeud 4 : Flèche = 0 ; Noeud 6 : Flèche = 0

Cas de charge(s)

Charge nodale : Noeud = 1 F<sub>y</sub> = -1029.00 N M<sub>z</sub> = 0.00 N.m

Charge nodale : Noeud = 3 F<sub>y</sub> = -3353.00 N M<sub>z</sub> = 0.00 N.m

Charge nodale : Noeud = 5 F<sub>y</sub> = -2235.00 N M<sub>z</sub> = 0.00 N.m

Charge nodale : Noeud = 7  $F_y = -694.00$  N  $M_z = 0.00$  N.m

Charge nodale : Noeud = 8  $F_y = -610.00$  N  $M_z = 0.00$  N.m

Le poids propre est pris en compte ( $g = 10.00$  m/s<sup>2</sup>)

### Résultats

Déplacements nodaux [ m , ° ]

Noeud Flèche Pente

1 5.409E-002 -7.363E-001

2 0.000E+000 -1.971E+000

3 -1.538E-001 1.796E-002

4 0.000E+000 1.900E+000

5 4.367E-002 1.778E-001

6 0.000E+000 -2.611E+000

7 -1.553E-001 -5.023E+000

8 -3.572E-001 -5.505E+000

Dy maximal = 5.40938E-002 m , x = -2.750 m

Dy minimal = -3.57203E-001 m , x = 19.360 m

### Efforts intérieurs [ N N.m MPa ]

Ty = Effort tranchant Mfz = Moment fléchissant Sxx = Contrainte normale

Noeud Ty Mfz Sxx

1 1029.00 0.00 0.00

2 1821.00 -3918.75 -108.85

2 -2951.44 -3918.75 -108.85

3 -1655.44 6446.73 179.08

3 1697.56 6446.73 179.08

4 2993.56 -4108.28 -114.12

4 -1512.25 -4108.28 -114.12

5 -648.25 -867.53 -24.10

5 1586.75 -867.53 -24.10

6 2450.75 -6923.78 -192.33

6 -2559.68 -6923.78 -192.33

7 -1926.08 -1989.45 -55.26

7 -1232.08 -1989.45 -55.26

8 -610.00 0.00 0.00

Moment fléchissant maximal = 6446.73 N.m à 4.500 m

Moment fléchissant minimal = -6923.78 N.m à 15.000 m

Contrainte normale maximale = 192.33 MPa à 15.000 m

Contrainte normale minimale = -192.33 MPa à 15.000 m



**Action(s) de liaison [ N N.m ]**

Noeud 2  $F_y = 4772.44$  ; Noeud 4  $F_y = 4505.81$  ; Noeud 6  $F_y = 5010.43$

Informations sur le calcul

Pivot minimal =  $1.74979715688509E+0004$

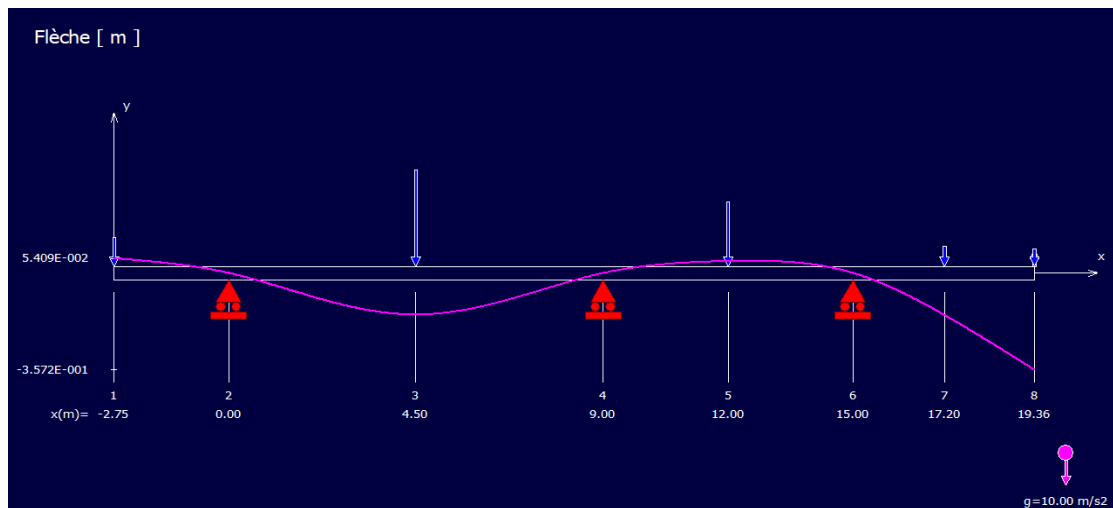


Figure 5.2 : diagramme de la flèche.

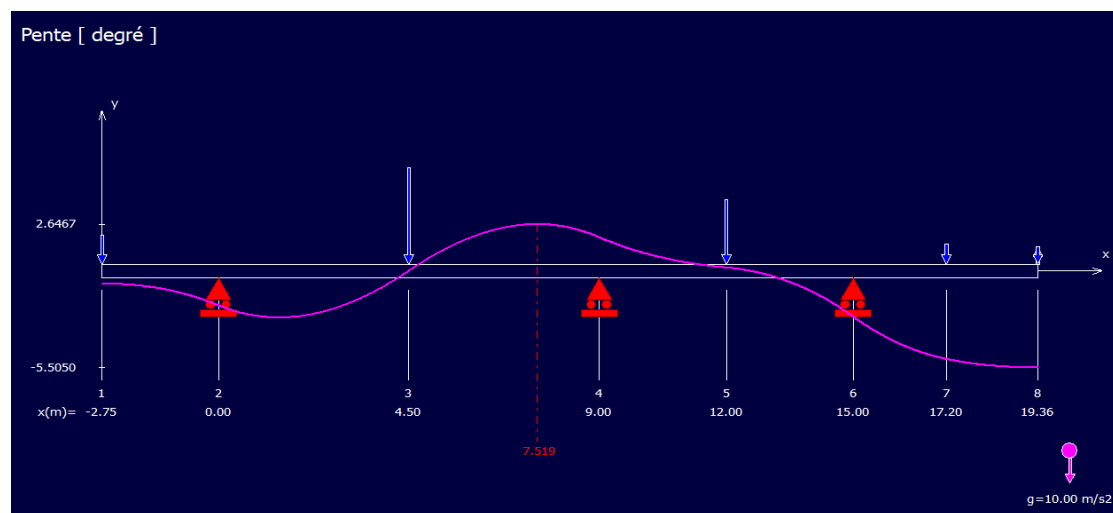


Figure 5.3 : diagramme de la pente.

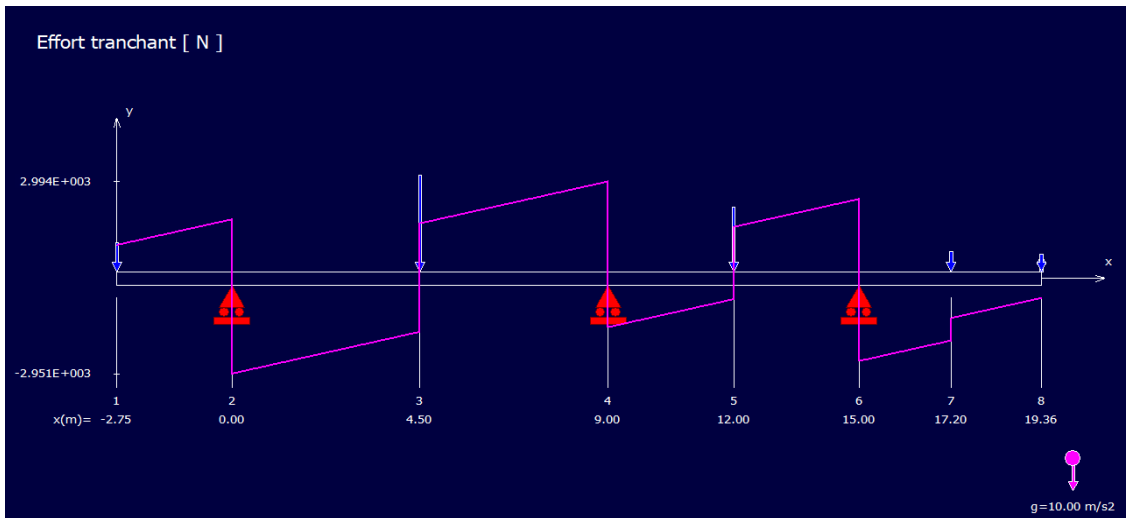


Figure 5.4 : diagramme de l'effort tranchant.

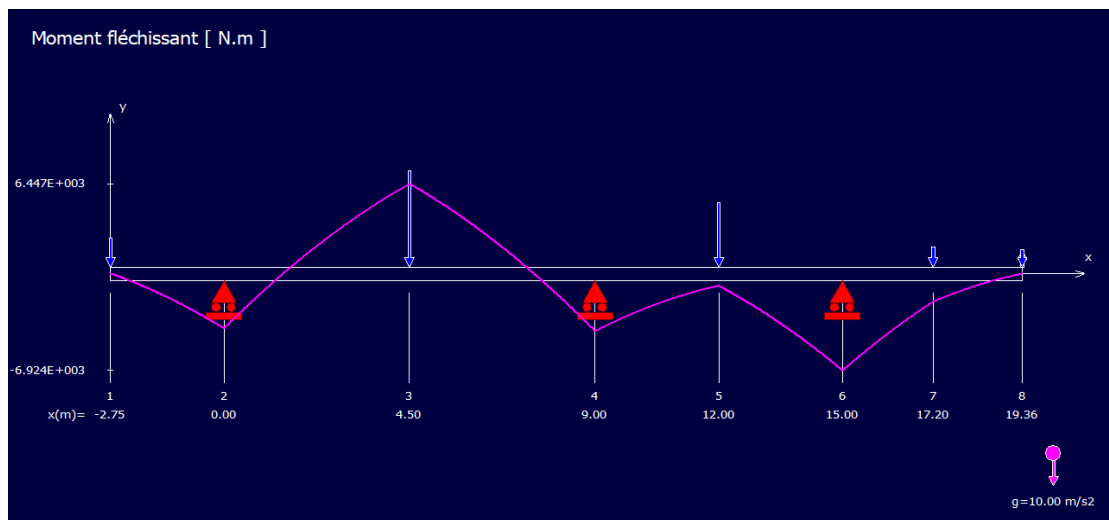


Figure 5.5 : diagramme de moment fléchissant.

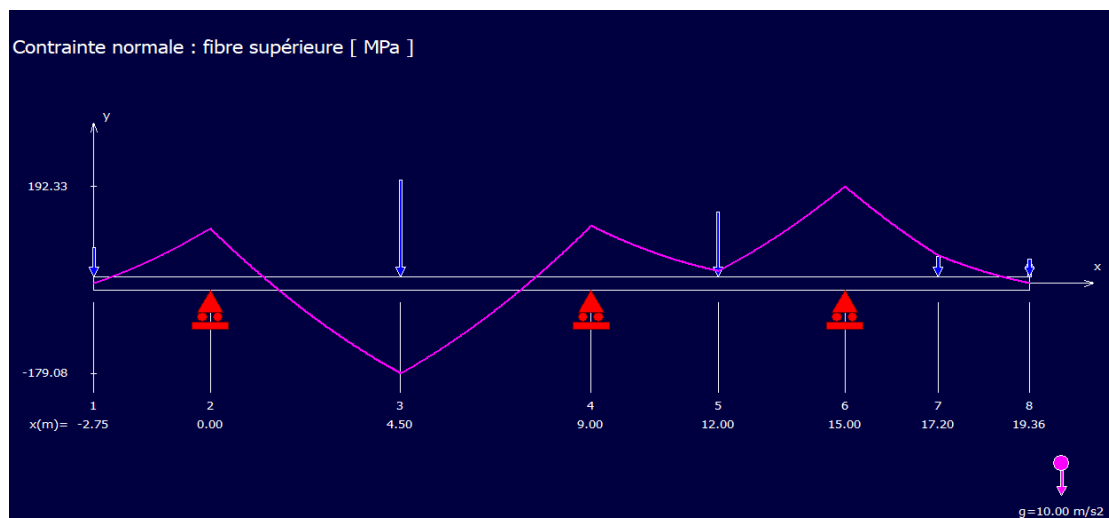


Figure 5.6 : diagramme de la contrainte normale : fibre supérieure.

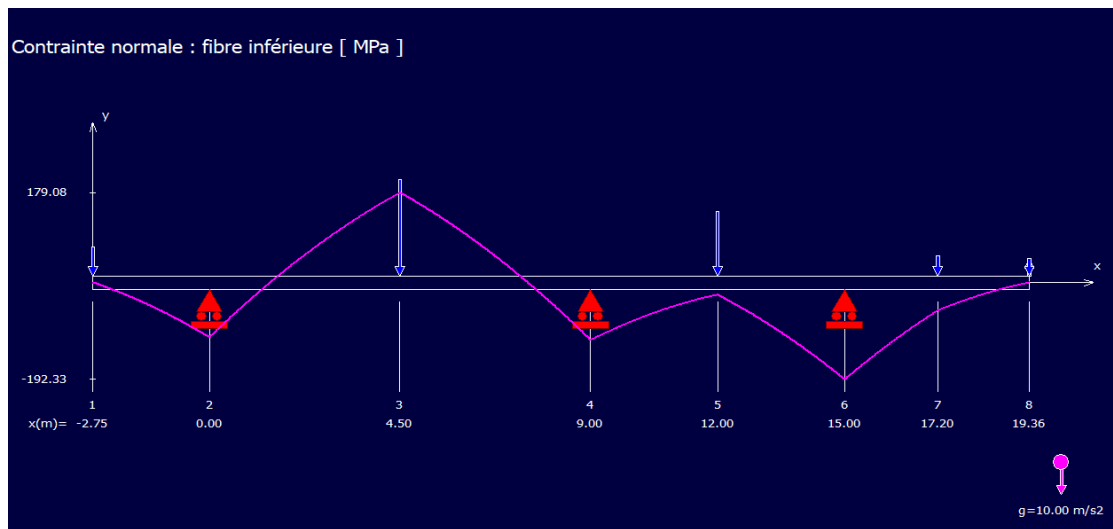


Figure 5.7 : diagramme de la contrainte normale : fibre inférieure.

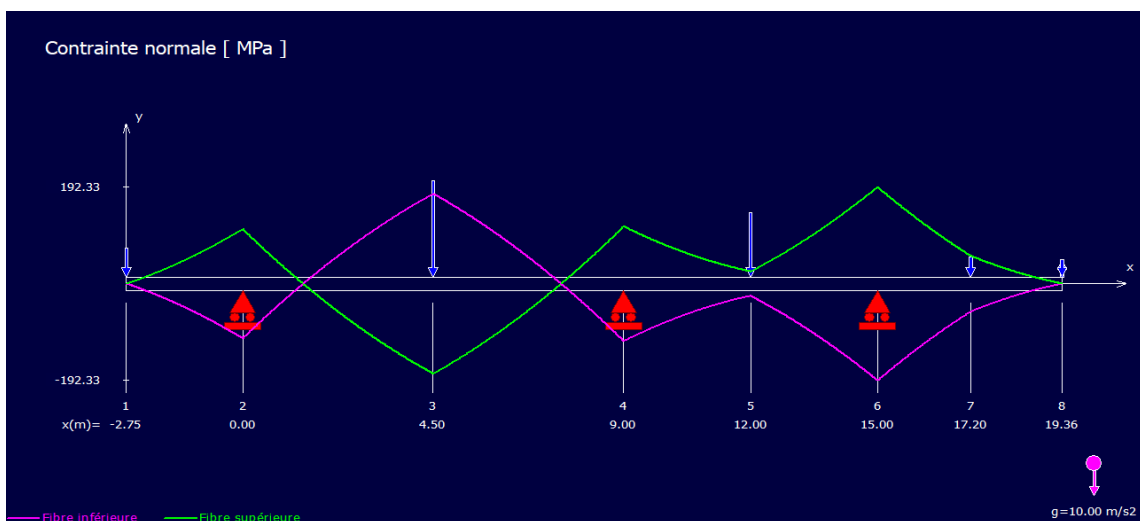


Figure 5.8 : diagramme de la contrainte normale.

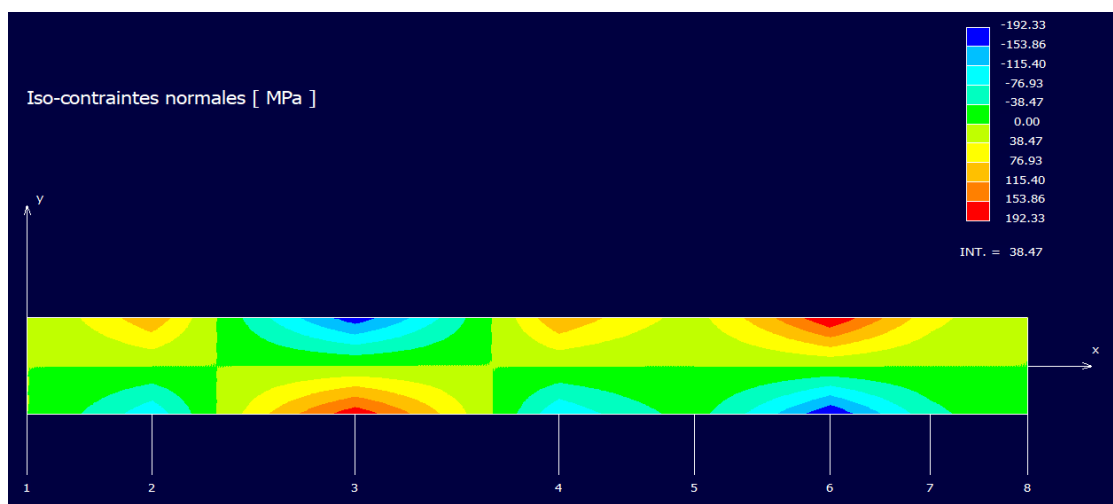


Figure 5.9 : diagramme des iso-contraintes normales.

## 6 CONCLUSION

Un hydroglisseur reste entre un bateau et un hydravion, il demeure un engin de mobilité au même titre qu'un bateau mais il fait son chemin, dont leur structure exige des études approfondies pour éviter en gestion de pôle de risque, nombreuses naufrages reconnus dans la propulsion navale. Raison pour laquelle, notre étude montre que les premiers éléments des calculs de la structure de l'aéroboat attestent que, son ossature évoluera dans une zone élastique sans atteindre la rupture.

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué à la rédaction de cet article, en particulier, le professeur Kabeya Mukeba Leonard, le professeur Makengo Lutimba Hubert et le professeur Cimbela Kabongo Joseph, car leurs disponibilités et conseils ont été une aide précieuse.

## REFERENCES

- [1] Griffith, A. A. (1920). The phenomena of rupture and flow in solids. *Philosophical Transactions of the Royal Society of Londres*.
- [2] Hegen, D. (1996). Element-free Galerkin methods in combination with finite element approaches. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*.
- [3] Dhatt G., and Touzot G. (1984), The finite element method displayed, J. Ziley & Sons, New York.
- [4] Réthoré J. (2005), Méthode éléments finis étendus en espace et en temps : application à la propagation dynamique des fissures. Thèse de doctorat, INSA Lyon.
- [5] Portela A., Aliabadi M. et Rooke D. (1991). The dual boundary element method : Effective implementation for crack problem. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*.
- [6] Yan A. M. et Nguyen-Dang, H. (1995). Multiple-cracked fatigue crack growth by BEM. *Computational Mechanics*.
- [7] Mi Y. et Aliabadi M. H. (1993). Three-dimensional crack growth simulation using BEM. *Computers and Structures*.
- [8] Moës N., Dolbow J. et Belytschko T., (1999). A finite element method for crack growth without remeshing. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*.
- [9] Moës N., Gravouil A. et Belytschko T., (2002). Non-planar 3d crack growth by the extended finite element and level sets— part I : Mechanical model. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*.
- [10] Gravouil A., Moës N. et Belytschko T., (2002). Non-planar 3d crack growth by the extended finite element and level sets— part II : Level set update. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*.
- [11] Lema N. B., (2013), DEA, contribution au dimensionnement d'une structure hydroglisseuse en prototype modèle conceptuel d'un aéroboat local.
- [12] [www.linternaute.com/dictionnaire/fr](http://www.linternaute.com/dictionnaire/fr).
- [13] Wikipédia.
- [14] [www.realireves.comnauticexpo.fr/prod/panther/hydroglisseur](http://www.realireves.comnauticexpo.fr/prod/panther/hydroglisseur).
- [15] [www.nauticexpo.fr/prod/panther/hydroglisseur](http://www.nauticexpo.fr/prod/panther/hydroglisseur).
- [16] [www.leblogluxe.com/2009/09](http://www.leblogluxe.com/2009/09).
- [17] [Hydroglisseur.xuanbich.travelblog.fr](http://Hydroglisseur.xuanbich.travelblog.fr).
- [18] Revue de l'amicale de marais et marins anciens combattants de Mirecourt et environs, vol2.