

# Apport de l'hydrostatique à l'archéologie expérimentale: Etude d'une pirogue de haute mer (Kanawa).

J-Y. BILLARD<sup>a</sup>, B. BERARD<sup>b</sup>, B. RAMSTEIN<sup>c</sup>

*a. Institut de Recherche de l'Ecole Navale (IRENAV),*

*b. Université des Antilles et de la Guyane*

*c. Association Karisko.*

## Résumé :

*L'étude des techniques de navigations préhistoriques se base sur différentes sources, parfois sur la découverte d'embarcations conservées. Aux Antilles en l'absence d'épave l'étude des pirogues s'appuie sur les écrits européens du XVe et sur la permanence de savoir-faire traditionnels.*

*La connaissance de ces embarcations repose sur l'archéologie expérimentale. L'analyse de leurs caractéristiques hydrostatiques permet la validation d'hypothèses issues d'observations réalisées lors des essais.*

## Abstract :

*The study of prehistorical navigation means is based on various sources. In Antilles without wrecked ships this study makes use of European texts (XVe century) and on traditional knowledge.*

*The study of hydrostatic characteristics allows the validation of hypothesis coming from experimentation on reconstructed boats.*

**Mots clefs:** archéologie, hydrostatique, statique du navire

## 1 Introduction

Les travaux archéologiques menés au cours des dernières décennies concernant le peuplement précolombien de l'archipel antillais, ont démontré l'importance du réseau de relations inter-insulaires mis en place par ces populations [1, 2, 6, 7]. Ce sont ces relations qui ont permis à ces groupes de faire des Antilles un véritable espace cohérent de civilisation. Malheureusement, très peu de travaux avaient porté jusqu'à présent sur les conditions techniques liées au développement de ces liens. Il s'agissait essentiellement de quelques travaux de modélisations théoriques [3] et d'études des descriptions contenues dans les textes européens du moment du contact [8, 9]. C'est pour répondre à ce manque de données que nous avons décidé de mettre en place, grâce au soutien et au dynamisme de l'association Karisko, un programme d'archéologie expérimentale concernant les embarcations précolombiennes antillaises, un programme associé à une étude des caractéristiques hydrodynamiques de ces embarcations.

Que savions-nous de ces embarcations que nous souhaitons reconstituer ? Différents types d'informations étaient à notre disposition, des données archéologiques, historiques et ethnographiques. D'un point de vue archéologiques les informations sont rares seules deux embarcations sont parvenues jusqu'à nous. Sur la première, découverte à Cuba, nous ne possédons malheureusement aucune donnée. La seconde, le canot "Stargate", a été découverte aux Bahamas dans un trou bleu près de l'île d'Andros [4]. Il s'agit d'une pirogue monoxyle de 1,52 m de long pour 36 cm de large et 10 cm de profondeur. Ces caractéristiques paraissent peu compatibles avec la pratique de la navigation en haute mer même avec une embarcation plus grande présentant les mêmes rapports de proportions. Les données historiques sont largement plus riches. Les textes européens nous fournissent la description de différents types d'embarcations précolombiennes antillaises. Le premier correspond à des pirogues monoxyles de petite taille destinées à la navigation côtière. Le canot "Stargate" dont être rapproché de ce type. Ensuite, C. Colomb décrit dans les Grandes Antilles des pirogues monoxyles de très grande taille (plus de 95 pieds de long), vraisemblablement les embarcations de prestiges

des caciques Taïnos. Enfin, de très nombreux textes décrivent les kanawa (pirogues monoxyles à fargues cousues de 50 à 60 pieds) utilisées par les "Caraïbes" des Petites Antilles pour leurs très fréquents déplacements inter-insulaires. C'est ce dernier type d'embarcation que nous avons souhaité reconstituer et expérimenter dans le cadre de notre projet. Concernant le mode propulsion, la voile n'est pas utilisée dans les Antilles avant l'arrivée des Européens l'ensemble de ces embarcations sont mues à la pagaie. Les pagaies que nous avons utilisées sont copiées sur la pagaie "Mores", une pagaie précolombienne découverte au début du siècle dans une grotte des Bahamas [5]. La direction de l'embarcation est assurée à l'arrière à l'aide d'une pagaie plus grande dite pagale.

Afin de réaliser nos Kanawa la meilleure solution était de faire appel à des artisans maîtrisant encore la construction de ce type d'embarcations. Deux solutions s'offraient à nous. La première consistait à faire appel aux derniers constructeurs de gommier antillais<sup>1</sup>. Cette embarcation traditionnelle de moins en moins utilisée n'est plus aujourd'hui fabriquée que par quelques artisans amérindiens du "Carib Territory" en Dominique. Malheureusement, ces artisans ne disposaient pas d'arbres assez grands pour réaliser les embarcations de plus de 50 pieds que nous souhaitions. Nous nous sommes donc tournés vers les Kali'na, cette nation amérindienne parlant une langue de la famille Caraïbe est répartie entre le Venezuela, Surinam et la Guyane Française. Les Kali'na sont des populations côtière qui ont conservé le savoir-faire lié à la fabrication de pirogues monoxyle de haute mer.

Le chantier, dirigé par Félix Brikman, maître artisan piroguier et chaman originaire du Surinam assisté de quatre jeunes Kali'na du village amérindien de Kourou (Guyane Française), nous a ainsi fourni deux kanawa et en particulier l'embarcation "Akayouman" qui est l'objet de la présente étude. C'est sur cette embarcation qu'un équipage de 28 membres (dont 25 pagayeurs) a traversé le canal de 27 miles séparant la Martinique de la Dominique en mai 2008.

## 2 Eléments de base et éléments incertains

Le point de départ de l'étude est une pirogue traditionnelle présentée sur la figure 1 dont les dimensions peuvent être relevées par mesure directe. Ses dimensions hors tout sont :

- Longueur : 17,52 m,
- Largeur : 1,5 m,
- Creux : 0,74 m.



FIG 1 : La kanawa "Akayouman" lors de la traversée du canal e la Dominique, 2 mai 2008 (photo Maria Neubauer).

Le repère de travail, (O X Y Z), figure 2, est positionné sur l'axe de symétrie, au niveau de la partie la plus basse de la quille et sur le tableau arrière. C'est le repère par rapport auquel l'ensemble des coordonnées sera donné. L'axe des X pointe vers l'avant, l'axe des Y vers bâbord et l'axe des Z vers le haut.

<sup>1</sup> Le gommier est le bateau de pêches traditionnel utilisé encore aujourd'hui dans les îles de Ste Lucie, de Martinique et de Dominique. Il s'agit très exactement d'une coque de Kanawa sur laquelle à été adaptées une voile (aujourd'hui souvent un moteur) puis plus tardivement (au cours du XIX<sup>ème</sup> siècle) un gouvernail.

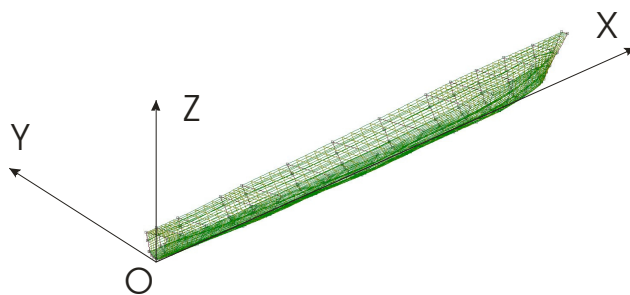


FIG 2 : Repère de travail.

Les relevés vont permettre la saisie sous CIRCE 3D de la géométrie de la pirogue. Les éléments de poids sont mesurés directement sur la pirogue. La quille est rectiligne entre  $X = 4,5$  m et  $X = 14,5$  m. Le poids de la coque, pirogue vide, est de 1,4 t.

### 3 Apports du calcul hydrostatique

Le calcul hydrostatique et les calculs de stabilité vont apporter, à l'archéologue expérimentateur, des outils permettant de valider ou d'infirmer les hypothèses faites quant à l'utilisation de ce type de bateau. Partant des éléments relevés il est possible de déterminer les caractéristiques générales du bateau. Une vue d'ensemble du modèle de la pirogue reconstruite à partir des relevés réalisés est fournie sur la figure 3. Les relevés bruts ayant été utilisés pour ce dessin, les lignes d'eau ne sont pas parfaitement lissées. Un travail de lissage sera réalisé par la suite. Les flancs du bateau sont constitués de deux clins d'environ 25 cm portant le creux du bateau à 0,74 m.

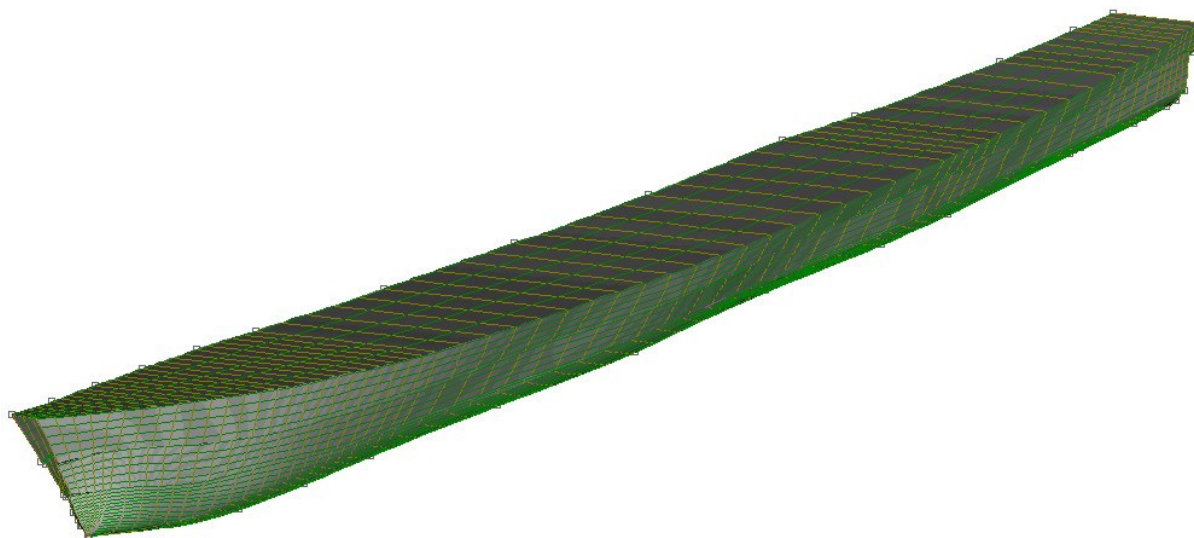


FIG 3 : Dessin CAO sous CIRCE 3D de la pirogue

Le maître couple du bateau est donné sur la figure 4, on remarque en particulier en partie basse le tronc évidé qui constitue l'ensemble quille-fonds et qui est particulièrement massif conduisant, dans la réalisation à un bateau assez lourd dans son état vide et à une position basse du centre de gravité de la coque :  $X = 8,5$  m,  $Y = 0$  m et  $Z = 0,25$  m. Sur ce vertical la ligne d'étrave, le tableau arrière et le livet ont également été reportés pour préciser l'extension verticale de la pirogue. Les tirants d'eau vide, lège et en charge ont également été portés sur ce schéma afin de visualiser les francs bords résiduels dans les trois états de chargement du bateau.

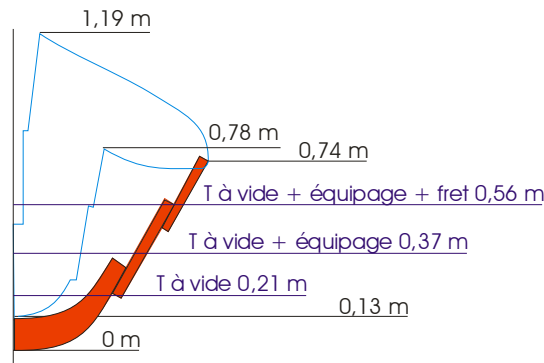


FIG 4 : Maître couple de la pirogue.

A partir des dimensions du bateau et de la position que doit avoir un rameur pour pouvoir pagayer dans de bonnes conditions le nombre de rameurs et leur position par rapport au bateau peuvent être estimés. Dans le cas de la présente réalisation, 26 rameurs plus un maître d'équipage peuvent prendre place à bord ce qui conduit à un équipage (moyenne de 75 kg par équipier) de 2,025 t dont la position du centre de gravité peut être estimée à  $X = 8,5$  m,  $Y = 0$  m et  $Z = 0,65$  m, les bancs de nage étant disposés au plus bas compatible avec une position de nage confortable.

Il est maintenant possible d'estimer d'une part les caractéristiques hydrostatique du bateau et d'autre part ses conditions de stabilité à l'état lège :

- Sur la figure 5 les caractéristiques hydrostatiques Déplacement : 3,425 t
- Position du Centre de Gravité :  $X = 8,5$  m,  $Y = 0$  m et  $Z = 0,49$  m

ont été reportées pour des tirants d'eau allant 0,2 à 0,6 m. On remarquera que la coordonnée verticale du métacentre n'augmente franchement que pour des tirants d'eau supérieurs à 0,4 m, tirant d'eau correspondant à la situation bateau lège. La raison en est que le rayon métacentrique diminue lorsque le tirant d'eau augmente de 0,2 à 0,4 m puis qu'il augmente au-delà. L'augmentation régulière de la coordonnée verticale du centre de carène compense la diminution du rayon métacentrique pour des tirants d'eau évoluant de 0,2 à 0,4 m.

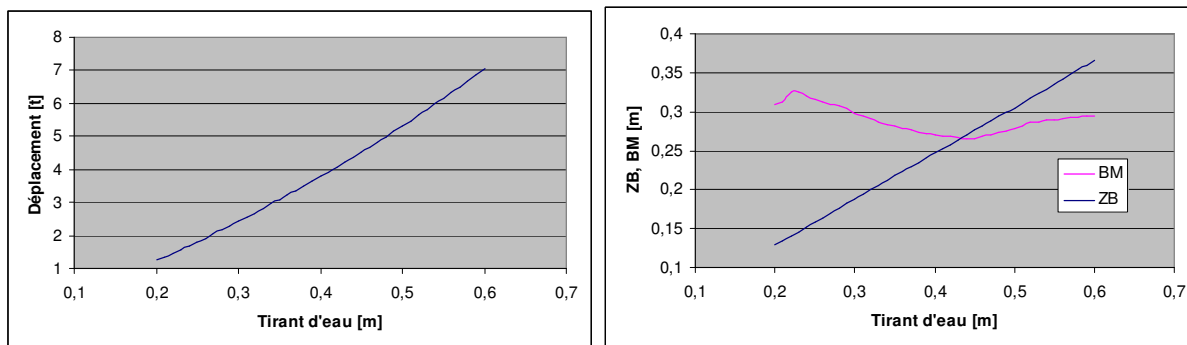


FIG 5 : Caractéristiques hydrostatiques de la pirogue.

Les courbes des bras de levier de redressement du bateau à l'état vide et à l'état lège sont données sur la figure 6.

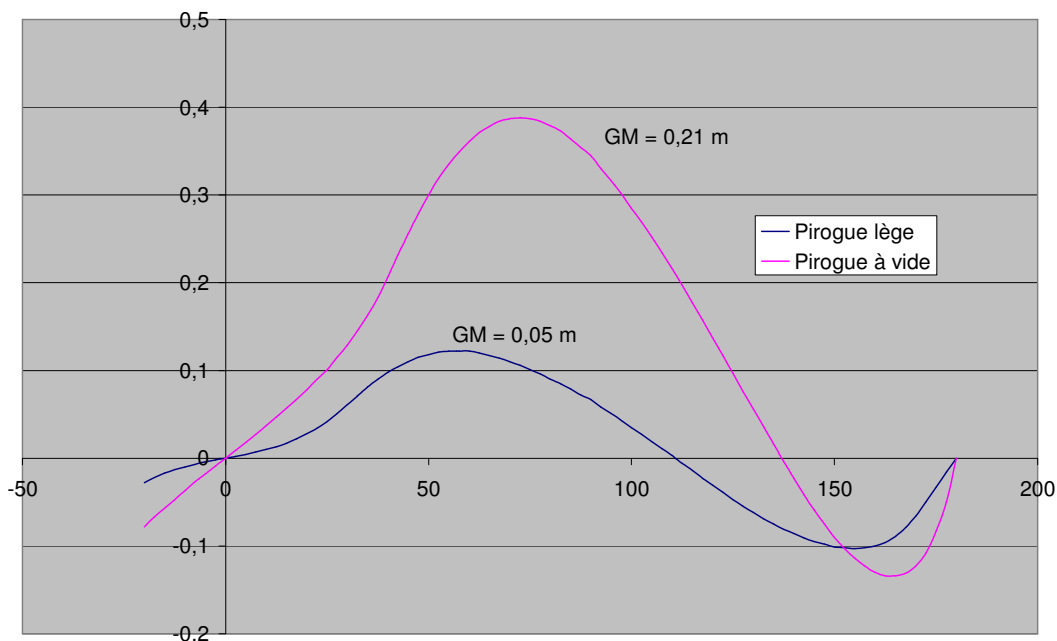


FIG 6 : Courbes des bras de levier de redressement coque nue et état léger.

On remarque sur la figure 6 que les conditions de stabilité se dégradent énormément entre l'état vide et l'état léger rendant le bateau peu sûr. Ces conditions de stabilité assez mauvaises auraient, si le bateau n'avait été utilisé que pour le transport des hommes, probablement conduit à des accidents si nombreux qu'il n'aurait pas traversé le temps comme il l'a fait. Il faut donc penser que cette pirogue était destinée à transporter, en plus de son équipage, un fret solide, placé suffisamment bas pour pouvoir stabiliser le navire et lui donner des caractéristiques de stabilité acceptables en respectant un franc bord suffisant pour ne pas rendre le bateau dangereux. Ce fret pouvait être constitué d'aliments, de semences (sous forme de tubercules), d'animaux vivants ou de gibier, de roches siliceuses, de roches semi-précieuses, de coquillages etc... le tout conservé dans des récipients en céramique ou en vannerie.

A partir des hydrostatiques il est possible d'estimer la capacité d'emport de la pirogue et ses conditions de navigation les plus favorables. Sur la figure 7 la courbe des bras de levier de redressement de la pirogue transportant 3 t de fret dans des conditions traditionnelles (chargement au fond du bateau sous les pieds des rameurs) a été reportée.

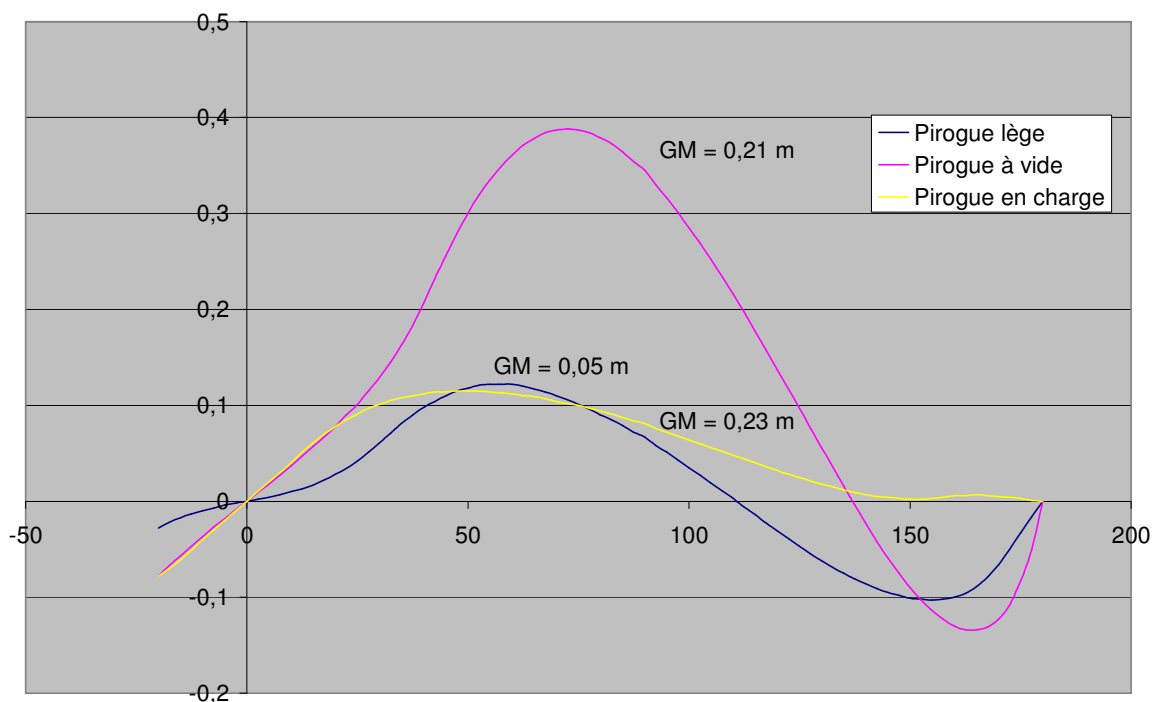


FIG 7 : Courbe des bras de levier de redressement avec un chargement de 3 t.

Il est intéressant de remarquer que les conditions initiales de stabilité sont ainsi les meilleures de celles qui ont été calculées même si le GZ maximum est plus faible. Ainsi jusqu'à une gîte de  $30^\circ$  les caractéristiques de stabilité du bateau en charge sont identiques à celles du bateau vide. Cependant en raison du franc bord faible dans ces conditions le bateau ne peut plus dépasser une gîte de  $12,5^\circ$  sans embarquement d'eau. Il semble donc improbable qu'un tel chargement ait pu être transporté par la pirogue et une valeur intermédiaire respectant un franc bord plus important doit être recherchée.

Un calcul intermédiaire avec un fret de 1,5 t a été réalisé et les résultats sont donnés sur la figure 8. Dans cet état le franc bord est augmenté et l'angle d'embarquement augmenta pour atteindre  $22^\circ$ . Cette situation est beaucoup plus confortable, donc beaucoup plus probable que la précédente. On remarque également que, au prix d'une légère diminution de la stabilité initiale, le GZ maximum a augmenté et que l'ensemble de la courbe de stabilité est meilleur.

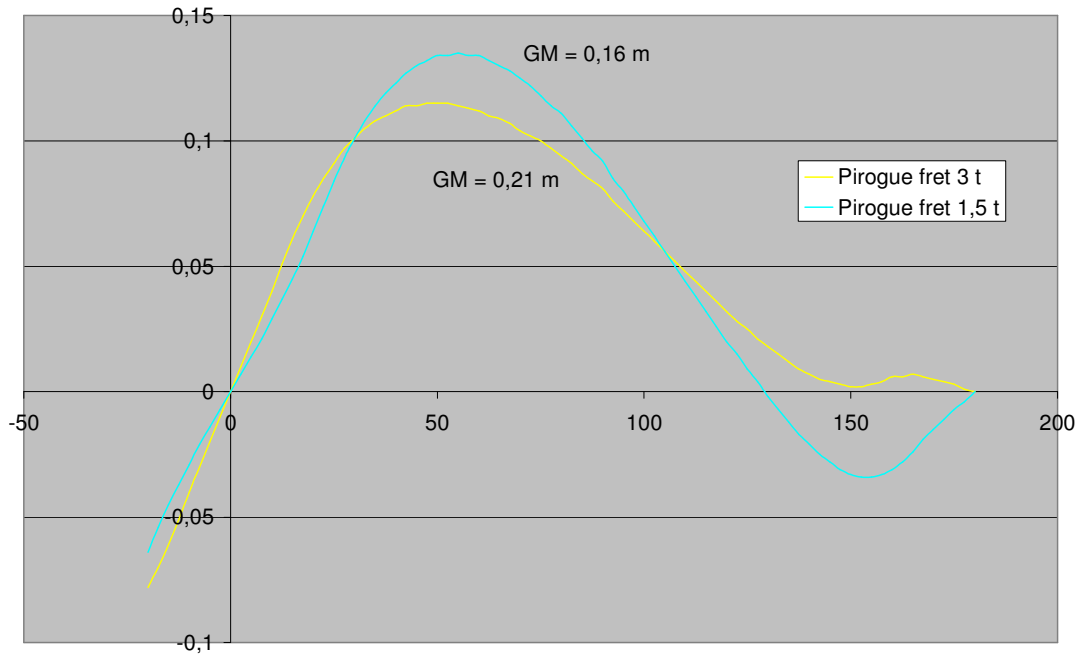


FIG 8 : Comparaison des courbes de bras de levier pour des chargements de 1,5 et de 3 t.

#### 4 Influence du déplacement sur la vitesse

Des mesures systématiques à la mer donnent une vitesse  $v$  de la pirogue comprise entre 3 et 3,2 nœuds avec 28 personnes à bord et un chargement de 500 kg, soit un déplacement de 4 t, un tirant d'eau de 0,413 m et une surface transverse mouillée,  $S$ , de 0,323 m<sup>2</sup>. La puissance  $P$  développée par l'équipage est alors de 280 w soit 0,4 ch en utilisant l'expression :

$$P = \frac{1}{2} C_x \rho S v^3$$

où  $C_x = 0,5$ ,  $\rho = 1025 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $S = 0,323 \text{ m}^2$  et  $v = 1,5 \text{ m s}^{-1}$ .

A puissance motrice constante, l'évolution de la vitesse en fonction du déplacement se fait selon:

$$S v^3 = S' v'^3.$$

Comme le montre le tableau 1, un chargement de 3 t ne paraît pas compatible avec des déplacements à longue distance ce qui corrobore la conclusion du paragraphe précédent.

Chargement, t	Déplacement, t	S, m <sup>2</sup>	Vitesse, nœud	% de perte en vitesse
0,5	4	0,323	3	0
1	4,5	0,398	2,89	3,6 %
1,5	5	0,812	2,8	6,7 %
3	6,5	0,633	2,58	14,1 %

Tableau 1, perte en vitesse en fonction de l'accroissement du déplacement

#### 5 Conclusion.

Du point de vue archéologique, les apports de l'étude présentée ci-dessus sont multiples. Premièrement, ils apportent une réponse sur la question du lestage optimum de l'embarcation, question à laquelle nous n'avons pas su apporter de réponse empirique véritablement satisfaisante. Au-delà de la meilleure compréhension du fonctionnement de ce type d'embarcation, cette donnée nous permet d'évaluer pour la première fois sur des bases crédibles la capacité d'emport de ces pirogues.

Deuxièmement, les calculs concernant la puissance développée par l'équipage et donc par extension par un pagayeur moyen vont jouer un rôle important dans le modèle théorique que nous sommes en train de

développer concernant les déplacements précolombiens dans l'archipel antillais qui intègrera par ailleurs l'ensemble des données concernant les conditions moyenne de navigation dans l'archipel.

Enfin, si la pratique expérimentale sert à la fois de base à ce travail et permet de valider in vivo les données théoriques, la variation des paramètres du modèle (nombre de pagayeurs, taille de l'embarcation, etc ...) utilisés pour les calculs présentés ici permettra d'offrir à notre travail un champs d'application ne se limitant pas uniquement à la seule kanawa "Akayouman" mais à un type d'embarcation, les pirogues monoxyles à fargues des Antilles.

## References

- [1] Bérard Benoît. Le phénomène pionnier agro-céramiste antillais: vers une vision archipélique. Les Nouvelles de l'Archéologie, N°108/109, Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 2007, pp.71-78, 2007.
- [2] Bérard Benoît. La mission archéologique française en Dominique. Les Nouvelles de l'Archéologie, N°111/112, Paris, Maison des Sciences de l'Homme, pp. 95-100, 2008.
- [3] Callaghan Richard. Mainland origins of the preceramic cultures of the greater antilles. PhD dissertation, University of Calgary, 1990, UMI dissertation services, Ann Arbor, 1990.
- [4] Callaghan Richard et Stephanie J. Schwabe. Watercraft of the island. Actes du XVIIIème congrès de l'Association Internationale d'Archéologie de la Caraïbe, St. George, Grenade 1999. AIAC, Région Guadeloupe - Mission archéologique, Basse-Terre, 2001. T.1, pp.231-242, 2001.
- [5] DeBooy Theodore. Lucayan artefacts from the Bahamas. American Anthropologist, N.S., 15, 1913.
- [6] Hofman Corinne *et al.* Island rhythms: the web of social relationships and interaction networks in the Lesser Antillean archipelago between 400 B.C. and A.D. 1492. Latin American Antiquity, Vol.13, Number 3, September 2007, Washington, Society for American Archeology, 2007.
- [7] Knippenberg, Sebastiaan. Stone artefact production and exchange among the northern Lesser Antilles. Unpublished Ph.D. Thesis, Rijksuniversiteit te Leiden, , 382 p., 2006.
- [8] McKusick, Marshall B.. The Aboriginal Canoes of the West Indies, Yale University Publications in Anthropology, n° 63, New Haven, 1960, pp.3-11, 2006.
- [9] Nicholson Desmond V. Pre-Columbian Seafaring Capabilities in the Lesser Antilles, Compte rendu des communications du sixième congrès international d'étude des civilisations précolombiennes des Petites Antilles, Pointe à Pitre, Guadeloupe 6-12 juillet 1975, pp. 98-105, 1977.

## REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait jamais pu voir le jour sans le dynamisme, la passion et le grain de folie de l'association KARISKO, ses cannibales et ses ouboutou, plis fos !