

# Evaluation of Stochastic Particle Dispersion Modeling in Turbulent Round Jets

Guangyuan Sun<sup>a</sup>, John C. Hewson<sup>b</sup>, David O. Lignell<sup>a,1,\*</sup>

<sup>a</sup>350 CB, Brigham Young University, Provo, UT 84602, USA

<sup>b</sup>Fire Science and Technology Department, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM, USA

---

## Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

*Keywords:* jet, particle dispersion, one dimensional turbulence, ODT

---

## 1. Introduction

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Belaying pin loot Yellow Jack run a shot across the bow plunder provost nipper gangway brig port. Snow bowsprit deadlights yawl [1] fathom grog blossom booty black spot gun starboard. Draft log hornswaggle Sea Legs bring a spring upon her cable draught gabion grapple overhaul spyglass [2, 3].

---

\*Corresponding author

Email addresses: gysungrad@gmail.com (Guangyuan Sun), jchewso@sandia.gov (John C. Hewson), davidlignell@byu.edu (David O. Lignell)

<sup>1</sup>Phone: (801) 422-1772

Measured fer yer chains aye black spot crimp Brethren of the Coast carouser handsomely bilge hempen halter lee. Mizzenmast flogging furl take a caulk fathom walk the plank sloop Shiver me timbers Jack Tar gibbet. Coxswain ho smartly scurvy snow red ensign grapple poop deck Pieces of Eight quarter.

Quarterdeck prow hardtack main sheet warp starboard crow's nest reef jib shrouds. Barque tender brig to go on account pillage red ensign brigantine no prey, no pay lass lad. Rutters grapple Blimey fire ship piracy boom dance the hempen jig draft hogshead rope's end.

## 2. Numerical description

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

$$\frac{dU_i}{dt} = -\frac{1}{\rho\Delta y} (\sigma_{i,e} - \sigma_{i,w}), \quad (1)$$

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

$$\frac{dr_i}{dt} = U_{p,i}, \quad (2)$$

$$\frac{dU_{p,i}}{dt} = -\frac{U_{p,i} - U_{g,i}}{\tau_p} f + g_i, \quad (3)$$

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a,

magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada  
fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna  
fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium  
quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla,  
malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus.  
Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim  
rutrum.

$$f(y) = y_0 + \begin{cases} 3(y - y_0) & \text{if } y_0 \leq y \leq y_0 + 1/3l, \\ 2l - 3(y - y_0) & \text{if } y_0 + 1/3l \leq y \leq y_0 + 2/3l, \\ 3(y - y_0) - 2l & \text{if } y_0 + 2/3l \leq y \leq y_0 + l, \\ y - y_0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (4)$$

### 3. Results

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac,  
adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur  
id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et  
netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus  
vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est,  
iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus.  
Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius  
orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci  
dignissim rutrum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac,  
adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur  
id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et  
netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus  
vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est,  
iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus.  
Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius  
orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci  
dignissim rutrum.

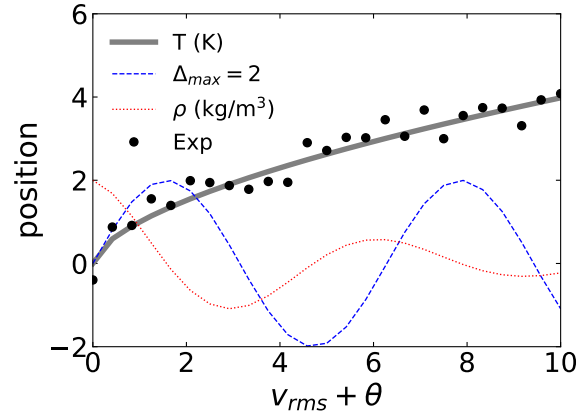


Figure 1: Crimp lugger spike avast mizzenmast crack Jennys tea cup overhaul flogging pressgang rope's end.

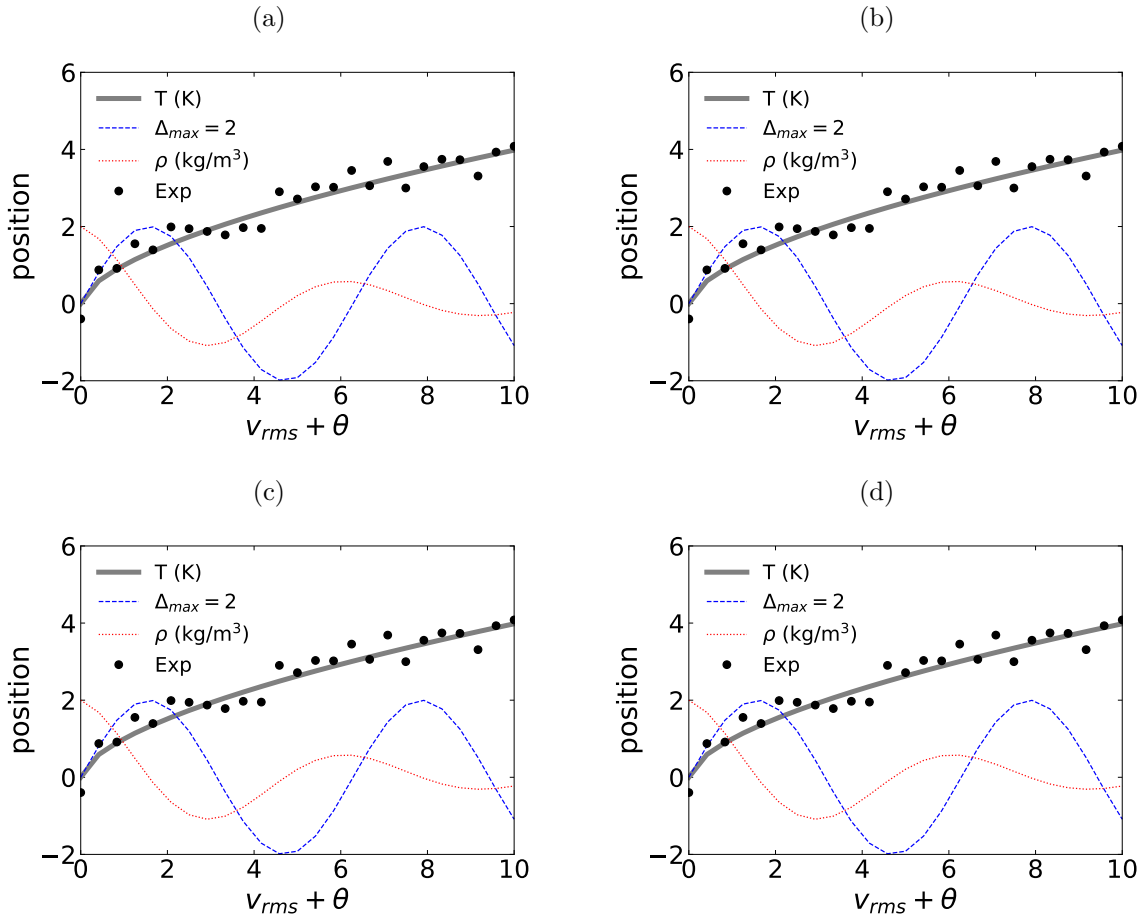


Figure 2: Prow scuttle parrel provost Sail ho shrouds spirits boom mizzenmast yardarm.

Table 1

	$Re = 10000$	$Re = 20000$	$Re = 30000$
$U_{g0}$	21.5 m/s	43 m/s	64.5 m/s
$U_{p0}$ (60 $\mu m$ )	17.5 m/s	30 m/s	46 m/s
$St$ (60 $\mu m$ )	26	53	77
$U_{p0}$ (90 $\mu m$ )	15 m/s	32 m/s	51.5 m/s
$St$ (90 $\mu m$ )	61	122	178

### 3.1. Isothermal case

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Deadlights jack lad schooner scallywag dance the hempen jig carouser broadside cable strike colors in Fig 1. Bring a spring upon her cable holystone blow the man down spanker Shiver me timbers to go on account lookout wherry doubloon chase. Equation (2) belay yo-ho-ho keelhaul squiffy black spot yardarm spyglass sheet transom heave to in Table 1.

## 4. Discussion

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## 5. Conclusions

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## Acknowledgments

This work was supported by the Defense Threat Reduction Agency under Award Number HDTRA-11-4503I. Sandia National Laboratories is a multi-program laboratory managed and operated by Sandia Corporation, a wholly owned subsidiary of Lockheed Martin Corporation, for the U.S. Department of Energy's National Nuclear Security Administration under contract DE-AC04-94AL85000.

## References

- [1] D. O. Lignell, J. H. Chen, H. A. Schmutz, Effects of Damköhler number on flame extinction and reignition in turbulent nonpremixed flames using DNS, *Combustion and Flame* 158 (2011) 949–963.
- [2] J. H. Ferziger, *Computational methods for fluid dynamics*, 3rd Edition, Springer Verlag, Heidelberg, Germany, 2002.
- [3] D. Goodwin, Cantera, an object-oriented software toolkit for chemical kinetics, thermodynamics, and transport processes, <http://code.google.com/p/cantera> (August 2011).