

Traduction de l'article :

**Is it Possible to Weaken a Hurricane?
Sketch of a Solution Using the Locally Available Energy**

International Journal of Applied Environmental Sciences, IJAES, Vol.14, N°2, 2019

<https://www.ripublication.com>

**Peut-on affaiblir un ouragan ?
Esquisse d'une solution utilisant
l'énergie localement disponible**

Dr. Michel Pluviose

www.hurricane-physics.com

*Professeur honoraire, chaire de Turbomachines, CNAM
Conservatoire National des Arts et Métiers
292, rue Saint-Martin, F 75141 Paris Cedex 03, France*

Résumé

Les manifestations météorologiques grandioses mais redoutables que l'on nomme cyclones tropicaux, ouragans ou typhons sont essentiellement dues à l'élévation excessive de la température de surface des mers tropicales durant la saison chaude. Un déséquilibre trop important en température entre la surface des océans et celle en altitude peut transformer une dépression tropicale en tempête tropicale d'abord, puis en ouragan lorsque le système franchit une bifurcation et traverse une zone plus ou moins chaotique.

Les développements récents en thermodynamique non linéaire et en physique du chaos montrent que de l'ordre apparaît, caractérisé par un œil et son mur de nuages, lorsqu'une tempête tropicale se transforme en ouragan. Le système s'auto-organise et devient alors une centrale thermique géante, mobile sur la surface de l'océan, qui utilise sa puissance motrice pour se développer encore davantage.

La situation est, en beaucoup de points, analogue à celle des soupapes de sécurité dans lesquelles apparaît de l'ordre sous forme d'écoulements supersoniques auto-organisés qui interfèrent violemment avec les structures. Aussi bien dans les ouragans que dans les soupapes, l'ordre qui émerge est nuisible car il entrave la nécessaire dissipation de l'énergie.

L'objet de cet article est de proposer une ébauche de solution visant à détruire cette partie ordonnée afin d'affaiblir progressivement un ouragan en le rétrogradant en tempête tropicale.

Keywords : chaos, cyclone tropical, désordre, entropie, ordre, structure dissipative, thermodynamique, vistemboir

1. INTRODUCTION

Les cyclones tropicaux extrêmement violents et dévastateurs sont observés attentivement par les spécialistes des sciences de l'océan qui peuvent maintenant prédire leur trajectoire à court terme[1][2]. Un appel à une évacuation de millions de personnes est parfois nécessaire ; cet exode massif provoque un désarroi monstre et des situations catastrophiques. Des centaines de milliers de personnes se mettent à l'abri par leurs propres moyens.

Les dégâts sont considérables.

Que peut-on faire ? Rien, nous dit-on, de toutes parts.

N'y aurait-il pas, au moins, une amorce de solution ?

Reprenons le problème à la base, sans a priori, depuis le domaine de l'énergétique.

Point de situation

Les ouragans de l'océan Atlantique Nord nous serviront de fil directeur ; les notions développées seront transposables aux autres bassins océaniques.

Le "*Grand Ouragan*" de 1780 fut l'un des plus dévastateurs de l'histoire. De 20.000 à 30.000 personnes y perdirent la vie. Les ouragans, de nos jours sont moins meurtriers car les systèmes de surveillance, d'alerte et de prévention se sont considérablement développés, mais ils entraînent des dommages matériels énormes.

Pour les seuls USA, la moyenne annuelle des dégâts depuis le début du XXI ème siècle se chiffre à 40 billions US dollars/an soit 35 milliards d'euros/an. Les ouragans de l'année 2017 ont été particulièrement actifs ; les dégâts causés sont officiellement estimés à plus de 300 billions US dollars par le gouvernement des États-Unis (environ 250 milliards d'euros).

Ces chiffres interpellent. Le coût des désastres dus aux ouragans pour 2017 et pour les seuls USA correspond, en gros, au prix de 60 centrales de 1000 MW, ce qui représente la totalité du parc électronucléaire français.

On annonce que la puissance d'un ouragan serait équivalente à celle fournie par des centaines de centrales électriques de forte puissance (on parle de 400 centrales de 1000 MW fonctionnant au régime nominal).

Avec le réchauffement climatique actuel, on doit s'interroger sur une possible augmentation des effets néfastes de ces cyclones tropicaux. Certains prédisent qu'ils seront plus nombreux et d'autres qu'ils seront plus violents.

Il est venu le temps de se poser cette question relative aux ouragans : les sommes colossales dépensées chaque année pour la réparation des dommages créés ne pourraient-elles pas être avantageusement affectées au contrôle de ces ouragans afin de diminuer leur agressivité ? Et est-ce possible en utilisant les technologies actuelles ?

Quelques tentatives de lutte contre les ouragans

Les travaux entrepris, à ce jour, pour lutter contre les ouragans, issus de tempêtes tropicales, n'ont pas été concluants car ils n'ont pas pu établir un rapport de puissance suffisant vis à vis d'eux pour être efficaces. Certains de ces projets auraient mérité de ne pas être abandonnés trop rapidement. La ténacité en matière de recherches est une vertu !

Citons quelques-unes de ces tentatives :

- Dispersion de produits chimiques dans les nuages,

- Pose d'entonnoirs géants pour refroidir l'eau en déviant les courants d'eau chaude,
- Projection de glace carbonique,
- Ensemencement des nuages avec de l'iodure d'argent,
- Lâcher d'une bombe nucléaire dans l'ouragan - no comment !
- Traversée de l'ouragan par des avions supersoniques,
- Refroidissement des eaux par de l'azote,
- Utilisation de très grandes pompes sous-marines,
- Traitement au laser ou diffusion de micro-ondes depuis l'espace.
- etc.

Ce qu'on pense de ces tentatives ... en vrac

"Ces scientifiques rêveurs ont tout essayé pour éradiquer les cyclones." "Il s'agit de phénomènes météo tellement puissants que toute action directe est impossible." "Cependant, d'autres professeurs, que l'on peut qualifier de doux rêveurs, ou d'inventeurs à la marge, continuent à vouloir attaquer les cyclones à la racine." "On retrouve des essais farfelus mais pensés au départ comme des projets très sérieux." "En revanche, plusieurs brevets proposent de prévenir leur formation, en pompant l'eau froide des profondeurs vers la surface des océans. Seulement voilà...Éliminer les cyclones exigerait de refroidir de manière très significative les tropiques, ce qui aurait en plus, des conséquences sur le climat mondial..." "La seule chose qu'il reste à faire est de se barricader." etc.

Bref, les gouvernements semblent avoir abandonné toute idée de résolution du problème pour ne privilégier que l'observation et la prévention.

Dans ce contexte morose entretenu par ces commentateurs désespérants, j'ai la faiblesse de croire qu'une esquisse de solution peut cependant être présentée et soumise à la critique.

Des signes d'espérance venus des ouragans

Parmi toutes ces mauvaises nouvelles accumulées, certains éléments d'espoir peuvent néanmoins être notés.

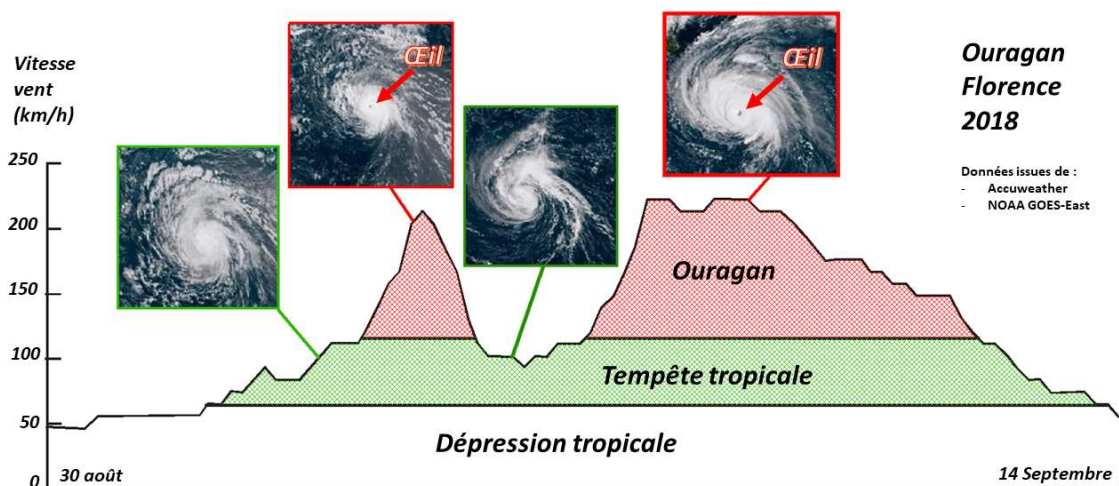


Figure 1 : Comportement de l'ouragan Florence en été 2018

Le principal est qu'un ouragan peut se rétrograder de lui-même en tempête tropicale selon les conditions météorologiques qu'il rencontre au-dessus de l'océan pendant son trajet. Sans en faire une règle générale, cet aspect encourageant mérite d'être souligné.

Par exemple, l'ouragan Florence, qui s'est développé sur l'océan Atlantique Nord durant l'été 2018, a été discerné dès le 29 août dans une période très calme. Cette zone suspecte a ensuite été suivie par les météorologues. Elle est devenue un système tropical organisé, puis un ouragan au début septembre (figure 1).

Après s'être affaibli en tempête tropicale, l'ouragan Florence s'est ensuite renforcé sous l'action, notamment, des eaux chaudes rencontrées et du faible cisaillement du vent.

Un autre aspect favorable est la vitesse de déplacement d'un ouragan (de l'ordre de 25 km/h) qui laisse espérer la possibilité de le suivre en continu.

L'ouragan : une soupape particulière

L'ouragan agit comme une soupape libérant l'énergie thermique accumulée sous les tropiques durant la saison chaude.

Les soupapes, celles de sécurité en particulier, sont un piège que nous tend la physique. Ces soupapes de sécurité ne s'ouvrent que rarement mais lorsqu'elles s'ouvrent brusquement, elles doivent dégrader rapidement une énergie considérable [3]. Les accidents de soupapes sont nombreux et désastreux car ils sont tous soumis à la sentence :

Un robinet n'est simple que lorsqu'il est fermé.

Dans le domaine des grandes centrales de production d'énergie électrique, les difficultés rencontrées liées au fonctionnement des robinets étaient considérées, dans les années 1980, comme des maux inévitables. Il était même enseigné que la dissipation de quelques dizaines de mégawatts dans un robinet à soupape réglant la pression d'admission aux turbines était impossible sans vibrations et bruit.

Les difficultés s'accrochèrent avec la mise en service de centrales nucléaires utilisant des machines de forte puissance unitaire. D'énormes robinets adaptés pour des débits en volume considérables doivent, aux charges partielles de la machine, dissiper rapidement des dizaines de mégawatts.

Les statistiques publiées sur les immobilisations de centrales montraient l'importance de ces robinets. Constructeurs et utilisateurs éprouvèrent de graves difficultés, notamment par rupture de tiges et d'équipage de commande. D'autres industries qui utilisaient des soupapes connurent des désagréments ou des accidents majeurs. On connaît des navires qui durent rebrousser chemin pour de longues et coûteuses réparations d'une soupape de sécurité.

Il n'était donc pas possible de supprimer les fonctionnements aléatoires dangereux des soupapes. Et pourtant ce fut fait en utilisant le principe de pire action [4][5].¹

Le principe de pire action, de plus en plus utilisé dans l'industrie de la robinetterie pour fluides gazeux, sera d'abord décrit succinctement au chapitre 2. Ce principe de pire action s'oppose frontalement au principe de moindre action, d'où son nom.

Rappelons que le principe de moindre action stipule que la Nature n'aime pas trop se fatiguer. Il couvre tous les domaines de la physique qui ne prennent pas en compte

¹Travaux réalisés par l'auteur au LTG (Laboratoire de la Turbine à Gaz - ATTAG) du CETIM (Centre Technique des Industries Mécaniques) sous l'impulsion de Maurice Roy et Robert Legendre, Membres de l'Académie des sciences et dirigeants de l'ONERA (Office National d'Etudes et de Recherches Aéronautiques) et à la demande des constructeurs français de turbines à vapeur avec le soutien d'EDF (Électricité de France).

les dissipations d'énergie : ce sont par exemple la mécanique rationnelle, la mécanique analytique, etc., et même la physique quantique. Ces domaines ignorent l'entropie du second principe de thermodynamique et n'interviennent qu'à la marge lorsqu'il s'agit de dissiper rapidement d'énormes quantités d'énergie, partie de physique restée inexplorée.

Est-ce que le principe de pire action qui a apporté des améliorations spectaculaires dans les soupapes classiques peut aussi être activé pour affaiblir cette soupape particulière qu'est l'ouragan ? Une proposition en ce sens fera l'objet des chapitres ultérieurs 5-6-7.

Les variations de température de la surface des océans, sous l'effet du rayonnement solaire, engendrent des transferts principalement thermiques dont l'origine est à rechercher dans le système des molécules. Les phénomènes de transfert sont donc initialement de nature statistique. La loi de Fourier relative à la conduction thermique est une approximation linéaire applicable seulement quand la température varie lentement avec la distance.

Lors de déséquilibres importants en température dans l'atmosphère, objets du chapitre 3, le phénomène de conduction est rapidement obsolète et remplacé par des phénomènes de convection, accompagnés de transferts de masse, beaucoup plus dynamiques et complexes et encore insuffisamment élucidés. Les équations ne sont plus linéaires et contiennent alors les germes du chaos [6][7][8][9][10].

Un mouvement macroscopique apparaît alors : la nature s'anime devant nos yeux.

- Le déséquilibre de température entre l'équateur et les pôles engendre, en particulier, les cellules de Hadley (3.1 ci-après).
- Le déséquilibre en température entre la surface de l'eau et la tropopause entraîne des mouvements complexes conduisant un aléa sur l'océan à devenir une dépression tropicale, puis une tempête tropicale et enfin un ouragan lorsque ce déséquilibre en été devient trop important (3.2 ci-dessous).
- Un autre déséquilibre en température existe entre la surface de l'océan et les profondeurs sous-marines. Les conditions physiques ne permettent généralement pas, dans les mers tropicales, l'apparition de mouvements verticaux de convection (3.3).

La récupération de l'énergie thermique des mers (ETM) fera l'objet du chapitre 4.

Imaginée par Jules Verne ², décrite par Jacques Arsène d'Arsonval et mise au point par Georges Claude [11], la production d'électricité à partir de l'ETM est donc une technique connue mais délicate à mettre en œuvre.

Dans le chapitre 5, la construction d'une mégastructure sous-marine sera proposée. Elle est destinée à extraire de l'eau fraîche, à des profondeurs supérieures à 200 mètres, pour refroidir un ouragan à sa base d'une part, et pour suivre et accompagner sa progression sur l'océan d'autre part.

Les procédures pour désorganiser un ouragan afin de l'affaiblir font l'objet du chapitre 6. Un ouragan a besoin de calme et de régularité pour se former. La méthode proposée consiste à le déstabiliser en faisant émerger un manque d'homogénéité de l'état de la mer. Il est donc envisagé de concentrer le refroidissement sur des zones précises susceptibles de l'atrophier tout en le déviant.

²Vingt mille lieues sous les mers

On n'ignore pas les difficultés de toutes sortes liées à cette proposition qui nécessite un saut technologique important. Une première critique faite par l'auteur est l'objet du chapitre 7. Cependant, si la tâche peut paraître pharaonique aujourd'hui, cette proposition qui utilise le principe de pire action visant à détruire l'ordre dans un ouragan, c'est-à-dire à déstructurer cette centrale thermique folle sur l'océan, devait être présentée, ne serait-ce que pour nourrir la réflexion.

2. Le PRINCIPE de PIRE ACTION

Le second principe de la thermodynamique, qui est la seule loi physique prenant en compte les irréversibilités, permit à Clausius de définir l'entropie, c'est-à-dire, pour faire court, le désordre.

Pour mieux comprendre ce qu'était l'entropie, Ludwig Boltzmann en chercha les racines dans le monde des molécules mais, devant leur nombre gigantesque, il fallut se résoudre à utiliser les probabilités. Boltzmann montra alors que l'entropie était liée au désordre qui régnait dans le monde moléculaire.

Les irréversibilités de toutes sortes, dans un système isolé, génèrent de l'entropie. Le désordre, dans ce cas, ne peut donc qu'augmenter avec le temps.

Dans les années 1970, les spécialistes du chaos mirent en cause le déterminisme des lois de la physique et montrèrent que de l'ordre se camouflait dans le chaos, qu'on appela alors chaos déterministe. Lorsqu'un système est emporté loin de son équilibre initial, il passe par des points de bifurcation, traverse des zones chaotiques, avant que des structures composées d'ordre et de désordre émergent : ce sont les structures dissipatives d'Ilya Prigogine [12][13][14].

Les systèmes dissipatifs augmentent le désordre mais peuvent aussi créer de l'ordre. La seule condition conforme au second principe de thermodynamique est que dans l'ensemble, le désordre augmente.

Les structures dissipatives

L'exemple le plus grandiose de structures dissipatives, mais celui peut-être le plus simple à exposer même s'il nous est inaccessible et restera probablement mystérieux, est celui de notre Univers. Pourquoi faut-il attendre des milliards d'années après le fantastique déséquilibre initial en température dû au Big-Bang pour atteindre l'équilibre final où tout sera homogénéisé ? Parce que des structures dissipatives sont apparues pour entraver la marche vers le désordre ultime. De l'ordre a surgi. Ces structures dissipatives, ou structures auto-organisées sont les planètes, les arbres, les oiseaux, ... la vie. L'ordre naissait du désordre en apportant de l'espérance au genre humain.

Or, les structures dissipatives ainsi formées sont parfois inacceptables. La raison est que l'ordre qui s'introduit, après franchissement de zones chaotiques, dans un tel système l'empêche de rejoindre rapidement son point d'équilibre final. Si c'est heureux pour notre Univers, c'est malvenu dans d'autres situations. Les cas sont certes peu nombreux, mais ils sont cruciaux car très dangereux pour notre sécurité..

Citons par exemple les jets supersoniques ordonnés dans les soupapes de régulation qui font vibrer nos grandes centrales de production d'énergie électrique en les fragilisant ou encore les ouragans auto-organisés issus d'un déséquilibre trop important dans la nature, qui viennent s'éteindre après avoir déversé leurs calamités sur la terre des hommes.

En utilisant son intelligence collective, le système moléculaire s'organise pour dégrader de lui-même, à son rythme, l'énergie cinétique des écoulements dans les soupapes sans se préoccuper le moins du monde ni de notre sécurité ni des installations [4][5][15].

Est-il sérieux de nos jours, de laisser le chaos envahir les soupapes de sécurité (et autres organes de détente) alors qu'elles sont chargées de protéger les populations, les installations et l'environnement ?

Est-il judicieux de permettre au monde microscopique de s'emparer, sous certaines charges partielles, des organes de commande et de régulation de nos installations énergétiques majeures ?

L'ordre qui apparaît dans les structures dissipatives devenues menaçantes doit impérativement être détruit.

Le principe de pire action, en échangeant des informations depuis notre monde macroscopique vers le monde des molécules, propose d'inverser les rôles : imposer un grand désordre dans le système moléculaire afin de désintégrer l'ordre contenu dans les structures dissipatives néfastes et protéger ainsi notre monde macroscopique.

Le principe de pire action, en détruisant les structures dissipatives de Prigogine, abrège le temps. Il permet d'atteindre rapidement le point d'équilibre final de Boltzmann en évitant les phénomènes chaotiques qui précèdent les structures dissipatives. C'est son bras armé : le vistemboir entropique (ou simplement vistemboir) différent évidemment dans chaque cas d'étude qui se charge d'appliquer ce principe de pire action.

Réhabilitation du second principe de la thermodynamique

Les principes de thermodynamique de Sadi Carnot et Rudolf Clausius regroupés s'écrivent :

L'énergie se conserve mais elle se dégrade.

Le principe de pire action élargit le second principe de la thermodynamique au cas des structures dissipatives à éliminer (soupapes, ouragans, etc.). Les lois de la thermodynamique deviennent :

L'énergie se conserve mais elle doit parfois être dégradée.

Ce principe de pire action montre notre détermination à empêcher le système microscopique de s'emparer de systèmes énergétiques de grande ampleur, jugés dangereux pour le genre humain. Il permet au second principe de thermodynamique, en le libérant des contraintes dues aux phénomènes chaotiques qui le brident, de donner sa pleine mesure. L'entropie peut alors croître beaucoup plus rapidement.

En abrégeant le temps de vie de structures dangereuses pour notre sécurité, le principe de pire action permet au mal-aimé second principe de thermodynamique de regagner en crédibilité.

3. Les DÉSÉQUILIBRES dans le SYSTÈME OCÉAN-ATMOSPÈRE

Les déséquilibres en température qui sont observés partout dans la nature sont soumis aux principes de thermodynamiques et aux phénomènes de transport.

Le principe de Carnot stipule que :

“Partout où il existe une différence de température, il peut y avoir production de puissance motrice”

La conduction thermique est le transfert d'énergie cinétique lors de collisions moléculaires. Les molécules chaudes plus rapides communiquent de l'énergie aux molécules froides plus lentes. Le phénomène de transport par conduction agit ainsi par transfert d'énergie calorifique de proche en proche par l'intermédiaire des molécules regroupées en particules dans les milieux continus de notre échelle macroscopique. La conduction thermique s'effectue ainsi naturellement des zones chaudes vers les zones froides, conformément au postulat de Clausius, autre présentation du second principe de la thermodynamique, qui stipule que :

“La chaleur ne peut pas passer, d'elle-même, d'un corps froid à un corps chaud.”

3.1. Déséquilibre en température entre l'équateur et les pôles - cellules de Hadley

La différence de température entre l'équateur et les pôles, due au rayonnement solaire, crée un déséquilibre qui entraîne un mouvement général dans la couche atmosphérique, et dans une moindre mesure dans l'océan en ce qui nous concerne.

Des masses d'air se mettent en mouvement entre l'équateur et les pôles.

Ces déplacements ne s'opèrent pas selon des méridiens puisque l'effet Coriolis dû à la rotation de la terre les dévient. Cette force fictive agit profondément sur les masses en mouvement et les oblige à fragmenter le transfert par convection depuis la source chaude équatoriale jusqu'à la source froide polaire en trois étapes successives.

La seule étape qui intéresse les phénomènes objets du présent article, concerne les cellules dites de Hadley qui naissent entre la latitude 0 (équateur) et les latitudes 30, zone dans laquelle les ouragans se manifestent. Elles forment des cylindres toriques discontinus encerclant le globe terrestre.

3.2. Déséquilibre entre la température de surface des mers tropicales et celle en altitude - dépressions tropicales, tempêtes tropicales, ouragans

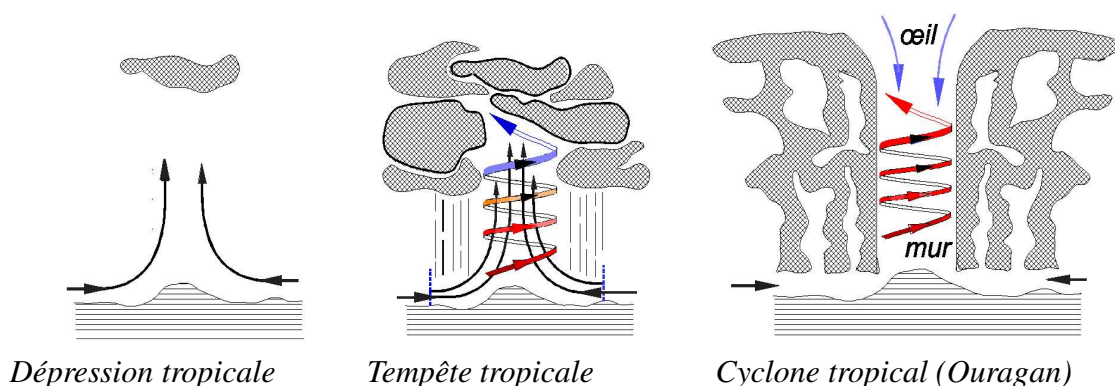


Figure 2 : *L'ouragan : une manifestation du chaos*

Ce déséquilibre permet l'émergence de dépressions tropicales aléatoires qui peuvent apparaître ici ou là sur l'océan. Ces faibles dépressions initiales sont susceptibles de devenir ou non d'abord des tempêtes tropicales puis éventuellement des ouragans selon les conditions rencontrées par ces phénomènes lors de leurs déplacements. On retrouve ici la signature du chaos, c'est-à-dire une sensibilité aux conditions initiales.

Des conditions initiales presque identiques peuvent conduire ou non à des phénomènes d'ampleur complètement différente [6][12][16].

Les ouragans peuvent survenir dans la même zone que les cellules de Hadley avec lesquelles elles interfèrent de manière complexe.

3.2.1 l'ouragan chaotique [17]

Déséquilibrée durant les mois d'été, par une différence de température trop importante entre la surface de l'océan et la limite de la troposphère, une tempête tropicale, dans laquelle règne du désordre, se transforme radicalement en une structure ouragan très ordonnée après être passée par une bifurcation et une zone plus ou moins chaotique. Un ouragan est une structure dissipative qui échange de la matière et de l'énergie avec les eaux des mers tropicales. Elle est composée d'ordre et de désordre. L'auto-organisation d'un ouragan se manifeste par son œil presque parfaitement circulaire bordé par le mur de l'œil.

La structure dissipative ouragan fonctionne comme un moteur thermique à ciel ouvert. L'ouragan puise son carburant dans le réservoir de chaleur formé par les premières couches de l'océan : source chaude du cycle. L'ouragan restitue une quantité de chaleur à la source froide des hautes altitudes.

L'énergie motrice issue du cycle thermodynamique ouragan est utilisée par celui-ci pour pomper davantage de carburant à sa source chaude et enfler ainsi dans des proportions inquiétantes.

On notera qu'une tempête tropicale ne possède pas la capacité de créer de l'énergie motrice. C'est l'ordre apparu lors de l'autoformation de l'ouragan qui engendre le moteur thermique.

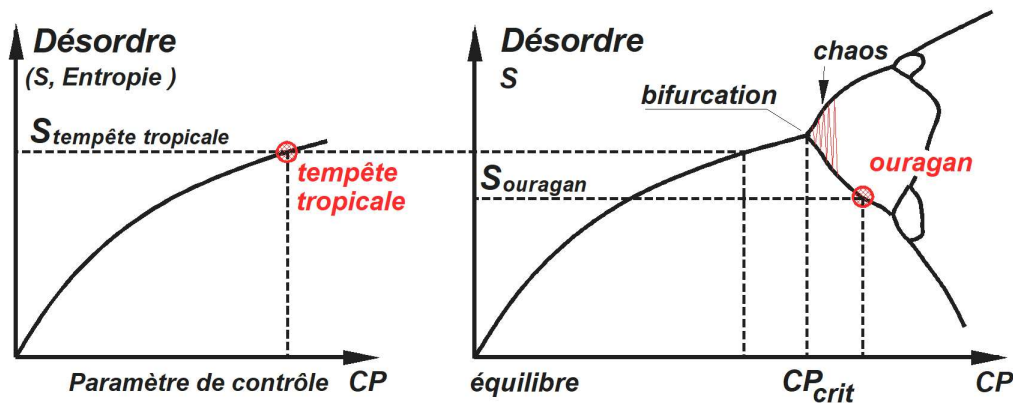


Figure 3 : Diagramme de bifurcation d'un ouragan, d'après [17]

L'entropie du système météorologique décroît lors de la transformation d'une tempête tropicale en ouragan (Figure 3). Selon la théorie de l'information de Claude E. Shannon, l'entropie mesure la perte d'information par un système. À contrario, un système recevant des informations s'ordonne et son entropie diminue donc. Lorsque le système météorologique s'est auto-organisé en ouragan, il a reçu des informations sur l'état de la mer, transmises par l'intelligence collective du système moléculaire. Les phénomènes de convection conduisent à une organisation spatiale monumentale munie d'une régulation entretenue par les corrélations entre les molécules.

3.2.2. Conditions d'apparition d'un ouragan

Un ouragan se forme lorsque les conditions principales suivantes sont réunies : [1][2][17]

- la température de l'océan dépasse 26°C, sur quelques dizaines de mètres de profondeur, formant une réserve calorifique importante dont la vaporisation permettra la formation et l'entretien de l'ouragan,
- une forte évaporation, accompagnée de nuages en abondance dans l'atmosphère terrestre jusqu'à la limite de la troposphère (environ 12 km) entraînant une dépression tropicale,
- des vents homogènes depuis la surface de l'océan jusqu'à 12 -15 km d'altitude,
- une latitude supérieure à 5 degrés afin que l'effet Coriolis puisse se manifester. Cet effet dû à la rotation de la terre ne crée pas le vent ; il ne fait que dévier un vent qui existe déjà. Il le dévie vers l'est dans l'hémisphère nord.

C'est donc dans les zones tropicales, vers 5 à 8 degrés de latitude, où les conditions précédentes sont réunies, que les ouragans sont susceptibles de se former. Le système ouragan ainsi installé pourra fonctionner et s'entretenir tant que sa réserve d'eau chaude à vaporiser sera suffisante.

Coupé de sa réserve d'eau chaude, un ouragan s'affaiblit. C'est ainsi qu'il commence à s'éteindre dès qu'il touche le sol et qu'il disparaît complètement après avoir parcouru une distance suffisante au-dessus des terres en y semant son lot de calamités.

3.3. Déséquilibre entre la température de surface et celle des profondeurs

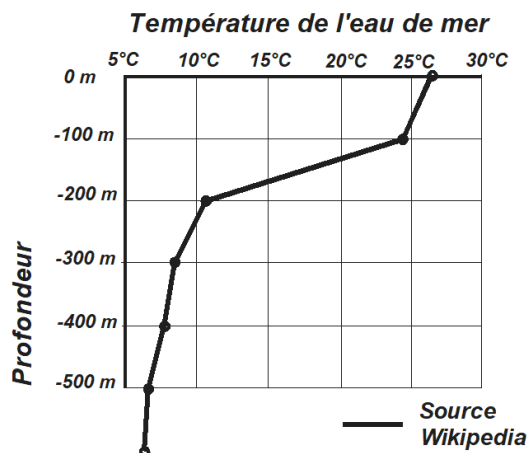
Les ondes électromagnétiques émises par le soleil sont captées par la couche d'eau superficielle des océans où elles sont converties en énergie thermique. En été, le fort rayonnement du Soleil augmente la température de surface des mers tropicales qui peut atteindre 26-27 ° C.

La densité de l'eau dans les mers tropicales suit l'évolution de la température. Plus l'eau est chaude, plus sa densité diminue.

Dans les mers tropicales, la densité la plus faible se situe dans la couche d'eau près de la surface où elle est presque constante, puis à partir de la thermocline (zone de transition entre les masses chaudes et froides) , elle croît très rapidement avec la profondeur.

Les masses d'eau chaude près de la surface agissent alors comme un couvercle au-dessus des masses d'eau beaucoup plus froides à densité plus élevée qui restent dans les profondeurs de l'océan. La répartition des températures dans les mers tropicales selon la profondeur fait l'objet de la figure 4.

Figure 4 :
Évolution de la température des mers tropicales en fonction de la profondeur



Sous la thermocline, les fortes variations de densité font que toute particule d'eau qui serait déplacée verticalement vers le haut, par un processus quelconque, s'enfoncerait de nouveau rapidement pour rejoindre sa position initiale, conformément à l'hydrostatique

d'Archimède. La situation dans les profondeurs de l'océan semble a priori relativement stable. Dans la zone près de la surface, où la densité évolue lentement, des mouvements verticaux de convection peuvent parfois être observés en présence de turbulence.

4. L'ÉNERGIE THERMIQUE des MERS

Les installations pour récupérer l'énergie thermique des mers (ETM)³ fonctionnent avec deux sources, conformément au principe de Carnot, l'une chaude correspond à la température de surface, l'autre froide est celle des profondeurs de l'océan.

Une utopie devenue réalité [11]. Convaincu du potentiel énorme de l'énergie thermique des mers, et concepteur en 1926 d'un cycle ETM, George Claude s'engagea énergiquement à démontrer le bien-fondé de cette idée. Ces machines ETM, en cours de développement, sont installées près des côtes afin d'alimenter les populations des îles en énergie électrique.

Cycle thermodynamique ETM

Le rendement d'un cycle de Carnot est indépendant du fluide caloporteur utilisé. Dans la pratique, par contre, la nature du fluide joue un rôle important car ses propriétés physiques se prêtent plus ou moins bien à la réalisation des évolutions. Dans les installations ETM, on utilise l'eau ou l'ammoniac. L'ammoniac présente un intérêt certain pour le dimensionnement des installations ; une turbine à vapeur d'ammoniac sera beaucoup moins volumineuse qu'une turbine à vapeur d'eau.

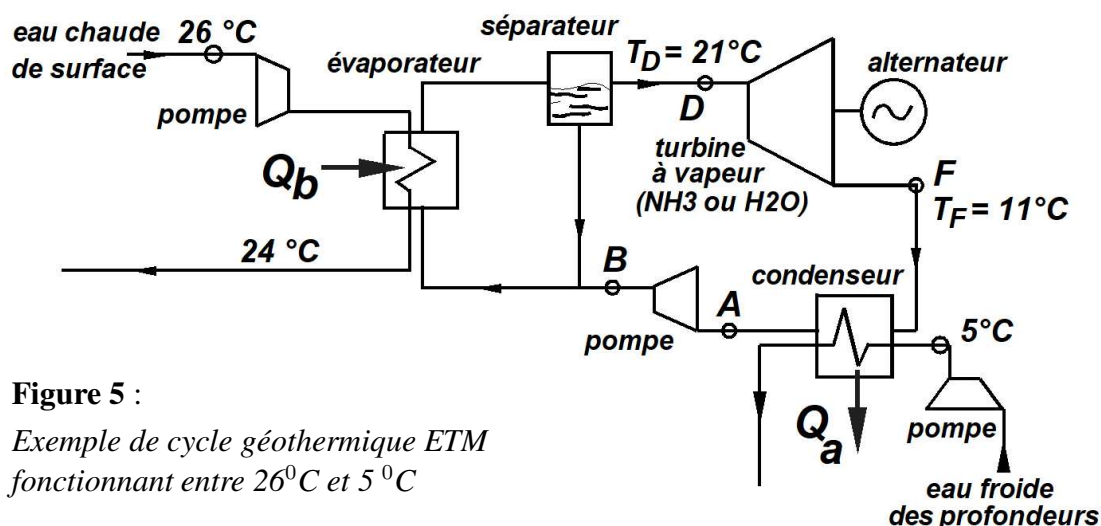


Figure 5 :
Exemple de cycle géothermique ETM
fonctionnant entre 26°C et 5°C

Un exemple de cycle thermodynamique capable de produire du travail mécanique correspond au schéma de la figure 5.

L'eau chaude de la surface de l'océan fournit une quantité de chaleur Q_b au liquide dans le générateur de vapeur (ou évaporateur). L'abandon de chaleur Q_a à la source froide se fait par retour de la vapeur à l'état liquide dans le condenseur d'où les calories sont évacuées vers l'extérieur par l'intermédiaire d'une pompe.

Les transformations adiabatiques ont lieu l'une dans une turbine de détente, l'autre dans la pompe alimentant remontant l'eau de la pression régnant au condenseur à celle de l'évaporateur. L'énergie mécanique peut être recueillie par un alternateur ou une pompe.

³ETM (Énergie Thermique des Mers) désigne aussi bien la ressource énergétique que les procédés d'exploitation. L'acronyme anglo-saxon étant OTEC pour *Ocean Thermal Energy Conversion*.

5. ESQUISSE d'un VISTEMBOIR pour AFFAIBLIR les OURAGANS⁴

Le principe de pire action qui a montré son efficacité pour échapper au chaos et à l'ordre nuisible qui s'introduit dans les organes de contrôle et de sécurité des centrales de production d'énergie électrique peut-il être appliqué aussi pour éteindre les cyclones tropicaux ?

Le vistemboir, moyen chargé d'appliquer le principe de pire action a pour objectif de détruire l'ordre que les phénomènes chaotiques ont construit.

Il est évidemment plus aisé de construire un vistemboir dans l'espace confiné d'une soupape que dans le cas d'un ouragan à ciel ouvert.

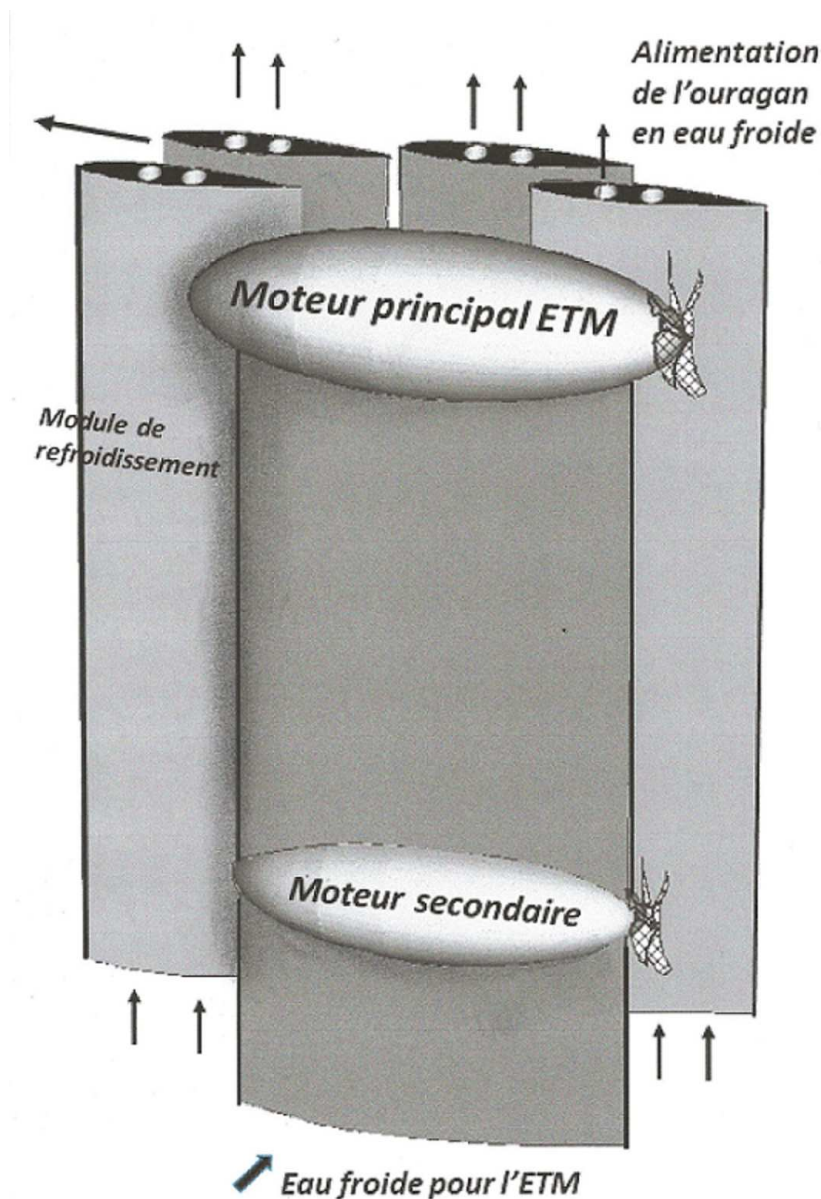


Figure 6 : Le vistemboir appliqué aux ouragans. Vue éclatée (passant par l'axe)

L'objectif principal consiste à faire sortir un ouragan de la zone chaotique dans laquelle il avait été entraîné pour le rétrograder en tempête tropicale en détruisant l'ordre introduit après une bifurcation.

⁴International patent applications filed

Tant que le système est une tempête tropicale, l'énergie se dissipe d'elle-même. Le principe de pire action n'a pas à intervenir a priori. Par contre, dès que le système devient ouragan et que la dégradation de l'énergie est perturbée car elle n'est plus complète, alors le principe de pire action doit être activé afin de détruire la partie ordonnée qui s'est introduite lors de l'auto-formation de cet ouragan. Cette action d'élimination de l'ordre dans un ouragan sera poursuivie et devra être conduite à son terme, c'est-à-dire à l'anéantissement de cette centrale thermique folle sur la surface des mers tropicales.

Le seul paramètre accessible a priori est la température du réservoir d'eau chaude, mère nourricière de l'ouragan. Si on parvient à refroidir suffisamment la base d'un ouragan, on peut espérer le perturber et l'affaiblir.

Cet objectif devrait pouvoir être atteint en refroidissant localement, et continûment, l'eau de surface de l'océan, en des endroits précis à la base du mur de l'œil d'un ouragan, par pompage en eaux profondes, afin de le déstabiliser et donc l'affaiblir jusqu'à son déclassement en tempête tropicale moins agressive, beaucoup plus acceptable et utile dans l'organisation de l'atmosphère terrestre.

Pendant cette altération progressive, on entraînera peu à peu cet ouragan, par effet Coriolis, vers les bassins océaniques plus frais afin de le déstructurer encore davantage.

Pour atteindre l'objectif fixé, il n'est pas nécessaire d'aller chercher l'eau fraîche aux pôles car elle existe à quelques centaines de mètres sous la surface des mers tropicales.

Mais remonter l'eau fraîche que la physique maintient dans les profondeurs des océans tropicaux n'est pas une mince affaire.

En empêchant l'eau froide des profondeurs des mers tropicales de remonter à la surface, la physique nous offre un remarquable stockage naturel d'énergie. C'est dans ce réservoir que l'on va puiser, avec parcimonie, l'énergie nécessaire pour tenter d'éteindre un ouragan.

Pour y parvenir, il est proposé de désolidariser les ETM des zones côtières pour en faire des navires de pleine mer. L'énergie produite par le cycle thermodynamique ETM sera utilisée pour le pompage des eaux profondes nécessaire au refroidissement d'une part et pour la propulsion d'un navire sous-marin capable d'intercepter puis de suivre l'ouragan sur l'océan.

Les vistemboirs seront disposés sous l'ouragan et le suivront tout au long de son trajet ; ils seront en quelque sorte accouplés aux ouragans.

Les deux machines thermiques "ouragan" et "vistemboirs" obéissent aux principes de thermodynamique. Elles puisent toutes deux leur énergie dans l'eau chaude de surface des mers tropicales au même endroit. Leur source froide est la haute atmosphère pour l'ouragan et une profondeur de quelques centaines de mètres sous la surface des océans pour les vistemboirs.

Le traitement d'un ouragan devient un problème local à traiter localement, sans aucune intervention extérieure, a priori.

Un ouragan mature possède une puissance motrice considérable. Une flottille de vistemboirs est nécessaire pour prétendre perturber un ouragan formé. Il faut donc agir rapidement dès l'auto-organisation de l'ouragan - ou même avant - pour le contrer. Les météorologues sont capables de nos jours de prévoir avec suffisamment de précision l'endroit et le moment où la tempête tropicale risque de basculer en ouragan.

Des mégastructures pour déstructurer les ouragans

L'exploitation des énergies dites renouvelables conduit généralement à une installation de grande dimension, onéreuse et à faible rendement. L'ETM ne déroge pas à cette règle. Malgré ces inconvénients, l'idée de Jules Verne d'utiliser les différences de température dans les mers reste enthousiasmante [11].

Le procédé concerne donc des navires autonomes (sans carburant et sans opérateurs a priori) commandés depuis une base, et conçus pour déstabiliser les ouragans.

Ces mégastructures (*Vistemboirs pour ouragans*) motorisées et armées pour la navigation en mer agitée ne nécessitent donc aucun apport extérieur pour fonctionner.

Ces navires voguent en mode classique vers les tempêtes tropicales susceptibles de devenir ouragans. À l'approche des zones fortement chahutées, ils s'enfoncent suffisamment dans la mer pour échapper autant que faire se peut aux perturbations. Ils sont pilotés pour être disposés en des endroits précisés sous l'ouragan et dès lors naviguent dans une position fixe par rapport à lui.

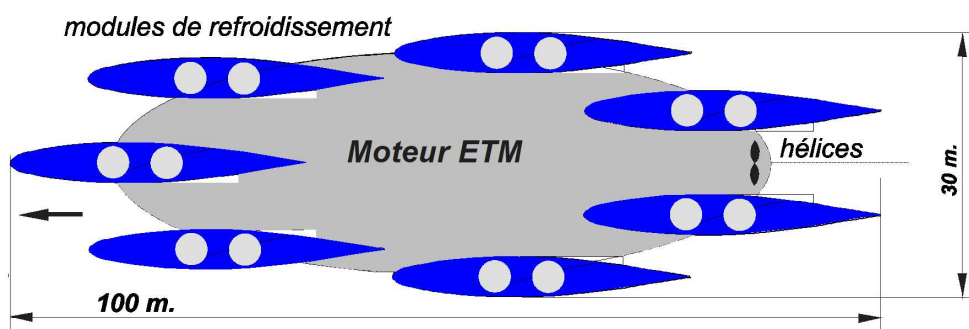


Figure 7 : Vistemboir - vue de dessus

À quoi pourrait ressembler un vistemboir pour ouragan

Les deux impératifs rappelés ci-après :

- remonter par pompage l'eau froide qui se trouve à environ 300 mètres sous la surface de l'océan,
- être en mesure de suivre un ouragan dont la vitesse moyenne de déplacement est de 25km/h;

conduisent nécessairement à une superstructure sous-marine, telle que celle présentée en figures 6 et 7.⁵

Cette structure comporte principalement (figure 6) :

- Le moteur principal, à base d'un ETM, qui est inclus dans un corps ovoïde de 25 mètres de diamètre. L'énergie mécanique produite par ce corps central est utilisée essentiellement pour la propulsion du navire sous-marin et le pompage de l'eau fraîche à une profondeur de 300 mètres où la température de l'eau est d'environ 10 °C.
- Le corps moteur secondaire, soumis à une pression supérieure à 10 bars, est semblable aux sous-marins anaréobies AIP (Air Independent Propulsion). D'environ 10 m. de diamètre, il

⁵L'auteur n'a pas la prétention avec cette expérience de pensée de se substituer aux architectes navals, qui auront soit à l'exclure de leur champ d'étude soit à la modifier afin de la rendre compatible avec les règles de leur art.

reçoit une puissance d'appoint du moteur principal pour l'entraînement d'accessoires et de ses propres hélices.

- Les modules de refroidissement sont assemblés sur le corps central moteur et sur le corps secondaire de telle sorte que l'ensemble forme un système hydrodynamiquement stable, en évitant au mieux les interférences hydrauliques nuisibles entre eux (figures 6 et 7).
- Toutes les parties externes sont nécessairement soumises aux lois de l'hydraulique. Afin d'atteindre la vitesse de déplacement de l'ouragan, le corps principal et sa tuyauterie d'alimentation en eau froide, le corps secondaire, et les modules de refroidissement sont carénés avec un profil type adapté (figure 8). Les modules de refroidissement, en particulier sont profilés selon les règles de l'art afin de limiter la traînée (série NACA 65012 par exemple bien connus des aérodynamiciens et se rapprochant naturellement des formes harmonieuses de poissons).

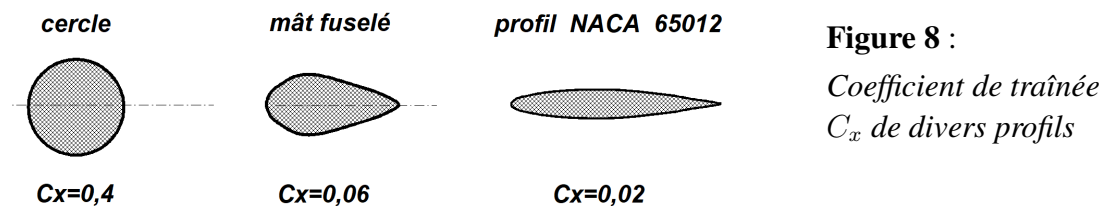


Figure 8 :

*Coefficient de traînée
 C_x de divers profils*

- Les modules de refroidissement calorifugés sont munis de dispositifs de prise d'eau en partie basse. Alors que la vitesse de l'eau dans les gaines est de l'ordre de 2 m/s, un convergent en partie haute permet à l'eau de refroidissement de rejoindre la vitesse du navire (environ 7 m/s) afin que l'éjection dans l'océan soit la moins perturbée possible.

Exemple de caractéristiques globales d'un vistemboir pour ouragan

Pour une vitesse de déplacement de l'ouragan de 25 km/h, un pré-dimensionnement donne :

- Puissance de pompage et d'entraînement nécessaire : 56 MW
 - Puissance de pompage : 16 MW
 - Puissance nécessaire pour vaincre la traînée : 40 MW
- Débit d'eau de refroidissement de l'ouragan : 420 m³/s
- Prise d'eau à une profondeur de 300 m. pour les modules de refroidissement,
- Prise d'eau à une profondeur de 400 m. pour l'alimentation en eau froide du cycle thermodynamique ETM,

6. MÉTHODE pour DÉSTRUCTURER un OURAGAN

Supposons donc que le sous-marin "vistemboir pour ouragan" soit réalisé.

Un certain nombre de navires sous-marins forme l'Armada 1 et un autre groupe constitue l'Armada 2. Ils sont utilisés pour refroidir deux zones de l'ouragan (et non toute la surface, ce qui serait déraisonnable en plus d'être improductif).

Déstructurer un ouragan signifie que son organisation doit être perturbée, ce qui peut être obtenu en l'altérant par une injection massive d'eau fraîche en des endroits précis. Les mouvements des molécules coordonnés par des corrélations à longue portée sont perturbés localement ; l'auto-organisation de l'ouragan se détruit peu à peu.

Procédure pour affaiblir un ouragan (Atlantique nord)

Phase 1 : Mise en place des armadas de vistemboirs sur la zone suspecte, et suivi des dépressions tropicales, grâce aux informations des centres météorologiques spécialisés, pour interception au plus vite dès leurs transformations en ouragans, c'est-à-dire dès que l'œil apparaît. Ce qui correspond à peu près au moment où l'ouragan est classé en catégorie 1 dans l'échelle de Saffir-Simpson.

Phase 2 : Positionnement des armadas de vistemboirs sous le mur de l'œil en les plaçant au plus près de la surface à une profondeur telle que les perturbations de surface soient suffisamment atténuées et acceptables.

. Positionner l'armada 1 sous le mur de l'œil dans la zone repérée sur la figure 9 (sous l'axe de déplacement de l'ouragan, à une vingtaine de kilomètres en amont du mur de l'œil) et commencer le refroidissement.

. Positionner l'armada 2 sous le mur de l'œil selon la tangente à l'œil parallèle à l'axe de déplacement de l'ouragan (figure 9) et débiter l'opération refroidissement.

Phase 3 : Déplacement du dispositif. Le dispositif complet de navires (Armada 1 et Armada 2), piloté depuis une station d'observation, sera déplacé à la vitesse de l'ouragan en maintenant sa position par rapport à l'œil.

Ces actions contrarient l'auto-formation d'un ouragan et altèrent donc son comportement.

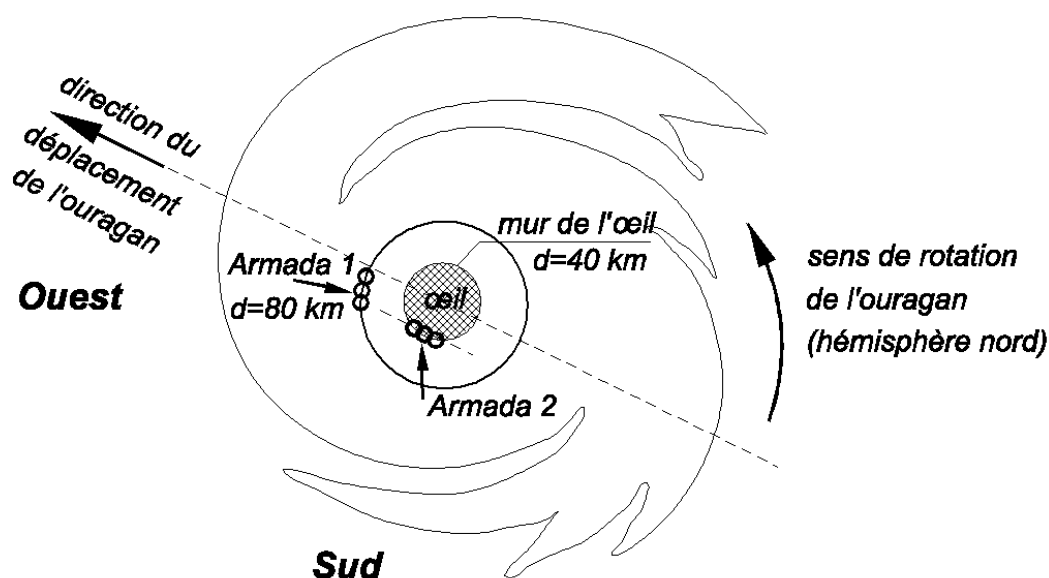


Figure 9 : Emplacement des dispositifs (pour un diamètre d'œil de 40 km)

Effets attendus

- Déstabilisation progressive de l'ouragan. L'injection massive, en continu, d'eau froide sous le mur de l'œil participe :
 - à déstructurer peu à peu le système en affaiblissant les corrélations entre les milliards de milliards de molécules formant cette immense structure auto-organisée, c'est-à-dire en introduisant du désordre dans la partie ordonnée de l'ouragan.
 - à introduire un certain cisaillement dans les vents tournoyants en spirale le long du mur de l'œil. Un profil de vent hétérogène déséquilibre l'ouragan, lequel a besoin de régularité en tout domaine pour se former d'abord puis se développer ensuite.

- Modification de la trajectoire de l'ouragan.

L'injection d'eau froide aux endroits précités devrait barrer la route de l'ouragan vers les bassins d'eau plus chaude. Cet apport massif d'eau fraîche est un artifice destiné à prendre le contrôle de l'ouragan. La tendance naturelle du système auto-organisé ouragan, comme de toutes les structures dissipatives est d'accroître sa puissance en se nourrissant d'échanges avec l'environnement. Les molécules près de la surface de l'océan transmettront au *système moléculaire complet ouragan* l'information que de l'eau fraîche existe dans la direction O-SO et qu'il est donc préférable pour tout le système d'opter pour la direction NO-N où il pourra, de son point de vue, s'alimenter et croître dans de meilleures conditions.

- Accentuation du guidage vers le Nord-Ouest par effet Coriolis.

Cet effet Coriolis est nul à l'équateur et il croît lorsqu'on se déplace vers les pôles, il commence à être faiblement actif à partir de 5 degrés de latitude. L'ouragan sera donc d'autant plus soumis à la force d'inertie de Coriolis qu'il aura été déplacé vers les latitudes nord où il sera peu à peu entraîné vers sa droite.

7. CRITIQUES et RÉFUTATIONS

Sur le chemin de la réalisation d'un vistemboir pour ouragan, de nombreux obstacles se dressent de nos jours et nécessitent un saut technologique important. Ils ne semblent cependant pas rédhibitoires à plus long terme. Dressons-en une liste non exhaustive :

- Les puissances motrices des machines utilisant l'énergie thermique des mers sont de l'ordre de 20 MW actuellement. Les montées en compétences de différents acteurs industriels pour développer cette filière permettent d'envisager des puissances de 100 MW à l'horizon 2030.

Ces machines thermiques devraient profiter du marché d'exploitation des champs sous-marins en forte croissance. Des entreprises parapétrolières se spécialisent dans la mise en œuvre d'infrastructures sous-marines à haute valeur ajoutée technologique.

- Les navires seraient équipés d'un système de pilotage à distance dont la technologie est seulement en cours d'évaluation.
- Ces nombreuses mégastructures de dimensions hors normes - qui pourraient être apparentées aux installations pétrolières offshore - sont de surcroît mobiles : leur tenue à la mer reste donc à prouver.
- Le fluide moteur utilisé pour décrire le cycle thermodynamique peut être l'eau ou l'ammoniac. Bien que l'eau soit la solution idéale, l'utilisation de l'ammoniac est beaucoup plus réaliste pour le dimensionnement de l'installation, ce qui est fâcheux car l'ammoniac apporte certains désagréments et obligations vis à vis de l'environnement.

Une solution alternative consiste à opter pour les systèmes de propulsion anaérobie (AIP) pour sous-marins, lesquels peuvent fonctionner quelques jours en plongée sans utiliser d'air extérieur. Ils sont donc bien adaptés car les ouragans s'éteignent aussi après 8 jours d'existence environ. Plusieurs techniques sont utilisées allant de l'ajout de réserves d'oxygène liquide pour sous-marins Diesel-électrique jusqu'à des technologies comme la pile à combustible.

- La réalisation, l'installation et la tenue à la mer des conduites d'eau ne sont pas sans poser de grandes complications aux constructeurs des ETM. Les tuyauteries du projet présenté ci-dessus sont plus courtes mais mobiles, ce qui ajoute aux difficultés. Par ailleurs, des conduites plus courtes conduisent à des températures plus élevées de la source froide du cycle ETM, ce qui rend plus délicat la réalisation pratique de ce cycle. Par contre les échangeurs mobiles seront plus performants que des échangeurs en positions fixes près des côtes.

Les contraintes sont très fortes et affectent la solution proposée mais sans la discréditer. Elle méritait néanmoins d'être présentée, ne serait-ce que pour la soumettre à une critique constructive. Ainsi d'autres solutions mieux adaptées pourraient peut-être émerger.

8. CONCLUSION

La piste choisie dans ce texte étant le refroidissement d'une portion d'un ouragan, il est nécessaire d'utiliser des pompes de relevage pour ramener en surface l'eau fraîche des profondeurs. La physique nous enseigne que l'on doit dépenser de l'énergie pour réaliser cette opération, qui n'est pas spontanée.

Naturellement, il a fallu envisager des structures de grande dimension dont la hauteur est supérieure à 200 mètres - pour atteindre les eaux froides - et pomper un débit important en rapport avec la portion d'ouragan que l'on entreprend de refroidir.

Le choix de suivre l'ouragan dans son déplacement coûte très cher en énergie et complique singulièrement la tâche car tout le dispositif doit être caréné pour faciliter sa pénétration dans l'eau.

Si à première vue, les dimensions des vistemboirs peuvent paraître choquantes, elles le deviennent beaucoup moins quand on les compare à celles des ouragans. Un vistemboir n'est que la mouche du coche de l'ouragan. Les coûts de réalisation seront mis en regard du coût des dégâts dus chaque année aux ouragans.

Ce texte relatif aux ouragans met en évidence le rôle bénéfique du principe de pire action associé à l'incontournable second principe de la thermodynamique.

Les flottes de vistemboirs semblent capables, par effets cumulatifs, d'affaiblir un ouragan et de le conduire graduellement vers des zones maritimes inhabitées en le rétrogradant peu à peu en tempête tropicale beaucoup moins agressive et s'éteignant beaucoup plus rapidement.

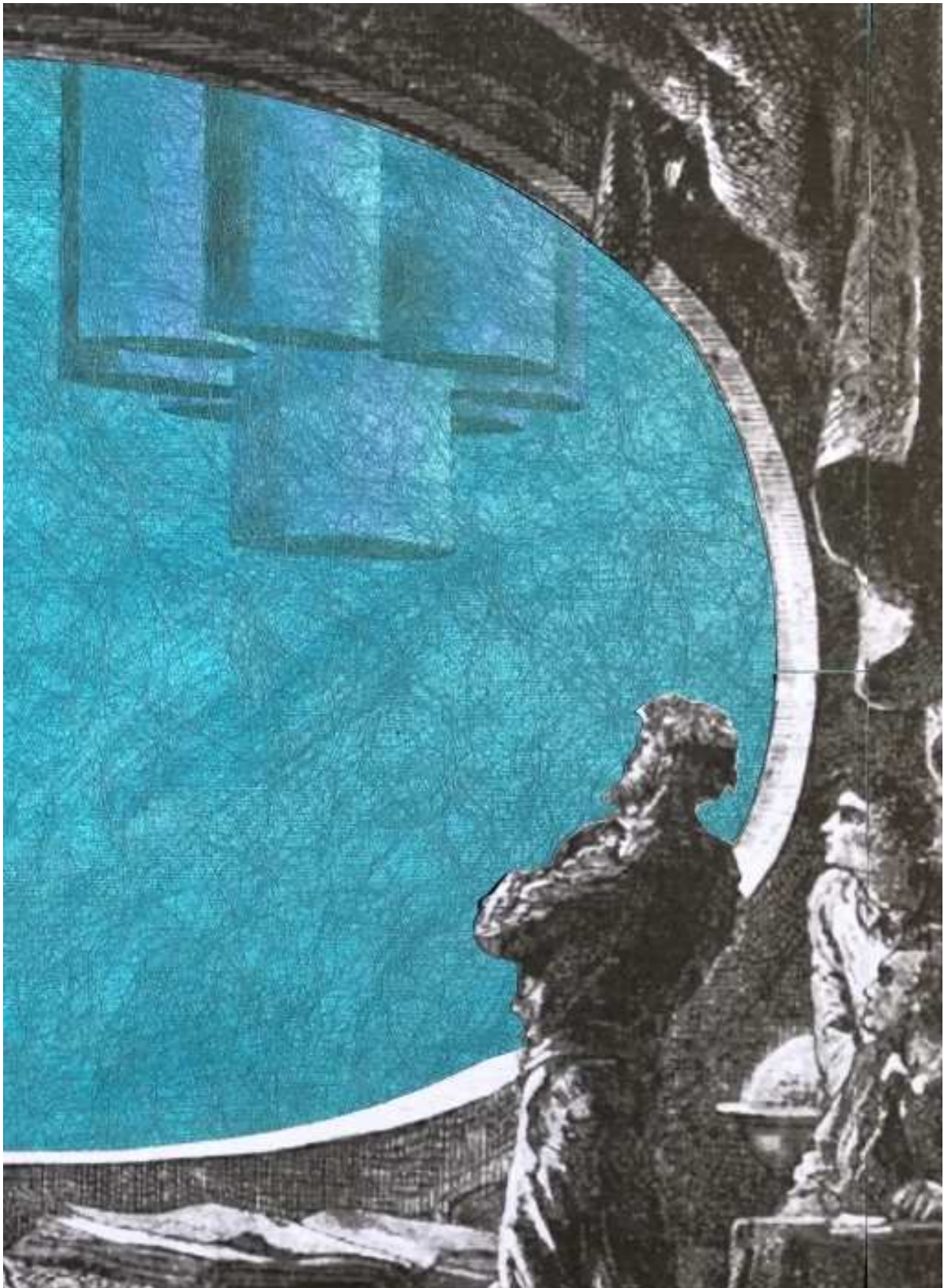
En dégradant progressivement en pleine mer cette structure dissipative, on lui interdit de venir s'épuiser, en semant la désolation, dans les terres habitées des Antilles et de l'Amérique du Nord.

Expérience de pensée aujourd'hui, le vistemboir pour ouragan montre qu'il pourrait être possible, au prix d'un saut technologique conséquent, de calmer ces redoutables phénomènes météorologiques que la nature construit sous nos yeux.

Nous autres, le genre humain, avons sur la nature l'avantage sublime d'être doté de raison. Si nous n'utilisons pas cette raison pour dompter les ouragans, alors il nous faudra subir de plus en plus leurs méfaits. Nous aurons ainsi, devant l'histoire, refusé de comprendre la nature et de la secourir en cédant devant ses débordements.

Références

- [1] Emanuel K., 2018. “100 Years of Progress in Tropical Cyclone Research” Meteorological Monographs doi: 10.1175/amsmonographs-d-18-0016.1.
- [2] Emanuel K., 2005. “Divine Wind: The History and Science of Hurricanes” Oxford University Press
- [3] Pluviose M., 2013. “A Positive Lesson from the Accident at Three Mile Island” Nuclear Exchange Sept.2013 and www.system3worlds.com/en/docs
- [4] Pluviose M., 2013. “Calming the flows using the principle of worst action” Nuclear Exchange, Sept. 2013
- [5] Périlhon C., Descombes G., Pluviose M., 2014. “Using the Principle of Worst Action to Stabilize Control Valve Flows” Valve World Conferences, Dusseldorf, <http://turbo-moteurs.cnam.fr/ouvrages/index.html>
- [6] Gleick J., (1987). “Chaos” The Viking Press
- [7] Stewart I., (1989). “Does God play Dice? The new mathematics of Chaos” Penguin Books
- [8] Sprott J.C., 2003. “Chaos and Time-Series Analysis” Oxford University Press
- [9] Letellier C. (2006). “Le chaos dans la nature” Vuibert
- [10] Alligoud K.T., Sauer T.D., Yorke J.A., 2000. “Chaos, An Introduction to Dynamical Systems” Springer
- [11] Claude G., (1930). “Power from the tropical seas” Mechanical Engineering, vol.52, n°12, p.161-172
- [12] Prigogine, I., Kondepudi D., (1998). “Modern Thermodynamics - From Heat engines to Dissipative Structures” Wiley.
- [13] Nicolis G., Prigogine I. (1977). “Self-Organization in Non-Equilibrium Systems” Wiley
- [14] Nicolis G., Prigogine I. (1989). “Exploring Complexity” Freeman
- [15] Pluviose M., 2013. “Quieting the Flows in Valves Using Kinetic Energy Degraders” International Journal of Thermodynamics, Vol.16 (N°3), doi: 10.5541/ijot.456
- [16] Pluviose M., 2015. “L’organisation du désordre pour sortir du chaos” Cépaduès éditions
- [17] Pluviose M., 2018. “A Remarkable Use of Energetics by Nature: The Chaotic System of Tropical Cyclones” International Journal of Applied Environmental Sciences, IJAES, Vol.13, N°8, 2018



**Le capitaine NEMO et l'équipage du Nautilus
observant un vistemboir pour ouragan.**