Les mathématiques sont partout

Jean CEA

L’humour aussi !

- Selon **J.J. Risler, président SMF, 1997** :

… pratiquement tous les processus industriels élaborés, comme par exemple la C.A.O. (Conception Assistée par Ordinateur), sont conçus avec une base mathématique. **Pour faire image, on peut affirmer que *si dans un avion on supprimait toutes les parties dans la conception desquelles sont intervenues les mathématiques, il ne resterait que les membres d’équipage, et encore sans leurs uniformes ou sous-vêtements !***

Une anecdote :

Colloque en l'honneur d'un départ à la retraite.
Alain Dervieux. INRIA Sophia 2015.

Un exposé d'un jeune mathématicien me plait beaucoup : simulation d'un cœur qui souffre d'une Fibrillation Auriculaire. A la fin de l'exposé, je discute avec le jeune matheux et je lui dis : tu devrais prendre contact avec le labo du Professeur de Cardiologie à Bordeaux : **Michel Haïssaguerre.**

Réponse **: je suis dans son labo.**

Ainsi, **un jeune mathématicien fait partie d'un labo de cardiologie et expose ses travaux dans des colloques de mathématiques !** Haïssaguerre est celui qui a inventé l'ablation par radiofréquence. Il élimine en les brulant les cellules qui ne conduisent pas bien le courant électrique.

Les mathématiques sont partout, pourquoi ?

- **L'informatique a conduit à un développement explosif des sciences, plus particulièrement des mathématiques qui sont transverses aux autres sciences et qui constituent un langage universel.**
- **Dès qu'un chercheur veut quantifier ou décrire un processus, il va déboucher sur une modélisation mathématique avec simulations, essais, corrections...**
- **Les mathématiques peuvent aussi prendre en compte des questions qualitatives via l'analyse de données, les grandes bases de données, les statistiques, les fractales, l'Intelligence Artificielle…**

Modélisation : un travail multidisciplinaire

- **Un modèle n'est pas une loi physique qui a fait ses preuves depuis des siècles. Il est le résultat de tâtonnements et d'un travail multidisciplinaire.**
- ***Petit à petit, après de nombreuses confrontations entre le monde réel et le monde virtuel (des simulations)* le modèle sera validé !**
- **Les modèles mathématiques servent à effectuer des *simulations virtuelles et à éviter des tests réels… coûteux, parfois dangereux ou infaisables !***
- **Dans un modèle, on traduit souvent en termes mathématiques des lois de conservation, des situations d'équilibre… d'où des *relations entre les fonctions inconnues* qui décrivent un processus.**

Quand **une très grande école** met son langage au goût du jour

- ***« Depuis plusieurs décennies, les applications des mathématiques connaissent un développement exponentiel qui s'apparente à une explosion. Elles sont partout, aidées en cela par les possibilités inouïes de l'informatique. Les mots « modélisation, simulation, analyse, optimisation et contrôle » se sont introduits dans de nombreux domaines de l'activité humaine. »***
- ***La modélisation mathématique est l'art de représenter la réalité physique en des modèles mathématiques accessibles à l'analyse et au calcul. La simulation numérique est le processus qui permet de calculer sur ordinateur des solutions approchées de ces modèles, et donc de simuler la réalité physique.***

Ces deux phrases sont extraites du programme de la chaire « Méthode Mathématique et Simulation Numérique » de l'École Polytechnique.

Un week-end de Laurent

Quand les mathématiques se cachent derrière des mots

Un week-end de Laurent (samedi matin)

- **6h30** Petit déjeuner, tartines de beurre et confiture, thé bien *chaud*.
- **7h15** Laurent écoute la *météo* avec sa maman avant de partir au lycée. Il fait beau, il s'y rendra à pied, c'est de l'autre coté du *pont*.
- **12h00** Déjeuner rapide avec des copains : au préalable, retrait d'argent dans un *distributeur automatique*.
- **13h30** Sur le chemin du retour à la maison, Laurent fait un détour par la grande avenue. Il remarque le nouveau *pavage* du trottoir, il a été totalement refait, c'est magnifique !
- Il passe devant la "*Sécurité sociale*", un vieux bâtiment totalement rénové. Le hall accueille une exposition sur des peintres contemporains locaux.
- En sortant, il est *interviewé* par un groupe d'étudiants de l'IUT.
- Puis, il reçoit un *SMS* de son amie sur son *téléphone mobile*, c'est inquiétant, elle lui demande de venir la chercher aux urgences de l'Hôpital central.

Un week-end de Laurent (après-midi)

- **14h30** Il arrive chez lui, laisse son sac à dos qui lui tient lieu de cartable et prend son *scooter* pour se rendre rapidement urgences.
- Mais avant de démarrer, pour se distraire car il est inquiet, il branche son *Ipod*.
- Il arrive aux urgences, trouve Marie avec un beau plâtre : fracture du poignet gauche, résultat d'une chute accidentelle. Elle lui montre une *radio* et essaie de lui faire deviner où se trouve la *fracture*.
- **15h30** Il raccompagne Marie chez elle. Bisous… mais elle est pressée de raconter son aventure sur *Facebook*, même si elle ne peut se servir que d'une main.
- Ils regardent ce que disent les internautes sur *Google* au sujet des fractures.
- **17h30** Marie dispose d'un *piano électronique* dont elle vient de changer le logiciel. Laurent se laisse aller à jouer quelques morceaux.
- **19h00** Laurent rentre chez lui, une odeur agréable vient de la cuisine, plus précisément de la *cocotte minute*, un excellent pot au feu est en préparation !
- **20h00** En attendant de dîner, Laurent met un *CD*, il a bien remarqué quelques poussières dessus, mais le *lecteur fonctionne quand même*.

Un week-end de Laurent (dimanche)

- **7h30** Il fait beau, départ en *voiture* pour une journée de *ski*.
- **9h00** Arrivée à la station : achat des forfaits, puis montée dans un *Télébenne*. Toute la famille est pressée de chausser les *skis*.
- **9h30** Chacun dévale une pente en laissant de belles traces sur la neige fraîche. Dans le ciel bleu, des *avions* laissent eux-aussi de belles traces.
- **11h00** Sur le *télésiège*, Laurent demande à son père des explications sur ces traces des *avions*. Papa répond rapidement, mais comme il est plutôt « voileux », il préfère lui parler de la *Coupe de l'America* et lui raconter comment les Australiens ont pu battre les Américains avec des *voiles nouvelles*.

Un week-end de Laurent (après-midi)

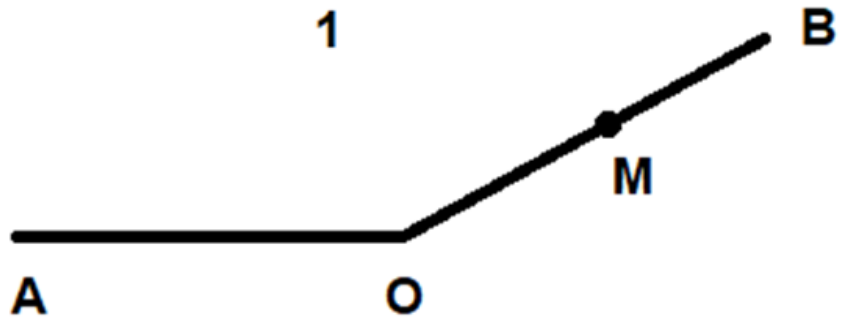
- **13h00** Un stop pour déjeuner dans un restaurant qui offre un bel *Hotspot*, le *Wifi* y est excellent.

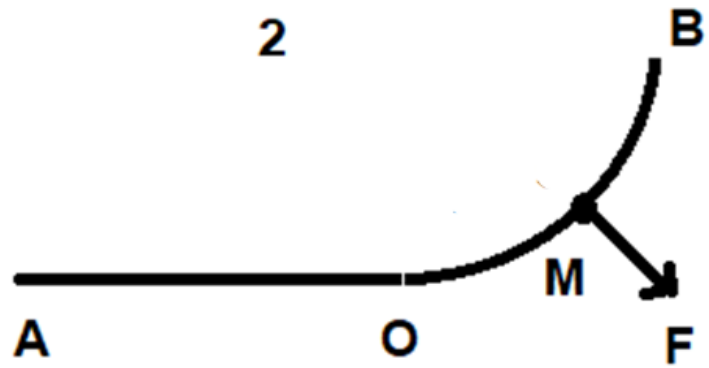
  Avec son *iphone*, Laurent se branche sur l'internet, plus précisément sur *Facebook* pour revoir… le plâtre de Marie et surtout pour lire les commentaires des copains !
- **17h00** Sur la route du retour, alors que papa connaît parfaitement l'itinéraire, Laurent s'amuse à brancher l'appareil de navigation *TomTom*. A la fin d'une longue ligne droite, la voiture aborde une *courbe* tout en douceur.
- **17h30** Sa mère demande à Laurent s'il a fini ses devoirs, il répond oui, mais ajoute-t-il, je dois encore revoir un texte qui semble dire que...
- ... les mathématiques sont partout !

Virages

En général, tout se passe bien parce que le **dessin** de ces virages sur les routes (ou autoroutes) est bien **contrôlé**.

Deux cas extrêmes pour poser le problème :





« Virage angulaire » : le passage en O à 130 Kms/h sera acrobatique.

« Virage circulaire » : OB =arc de cercle. Le passage en O va peut être vous rappeler le manège « Grand 8 ». ***Poussée vers l'extérieur*** ! Pourquoi ?

Mobile sur une courbe

Quand un mobile se déplace sur une courbe, il est automatiquement soumis à une **FORCE** dite **CENTRIFUGE**. En chaque point M, elle est du type

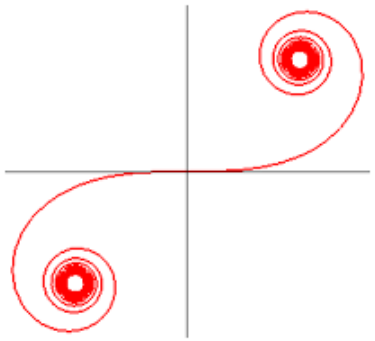
$F = v^2/r$ où v est la vitesse du mobile et r le rayon du cercle qui « **touche au plus près** » la courbe. Ce cercle est dit **osculateur** au point M, il est défini mathématiquement de façon rigoureuse. *F est orthogonale à la trajectoire, dirigée vers « l'extérieur ». Notons que si r est « petit », 1/r est « grand » (petit cercle, grande courbure). En sens contraire, grand cercle (droite?) petite courbure. Droite : courbure nulle.*

Un problème de raccord

Si en deux points voisins, il y a un saut de courbure, alors il y aura un saut de force centrifuge et donc danger.

Conclusion : en tout point de la courbe, la courbure ne doit pas faire de saut, **elle doit être continue !**

Les mathématiciens savent construire des courbes avec des courbures prédéfinies. **La courbe est appelée Spirale de Cornu (Alfred Cornu, 1874).** Bernoulli, Euler, Fresnel connaissaient aussi cette spirale.



Applications de la spirale de CORNU : partout où il y a des virages

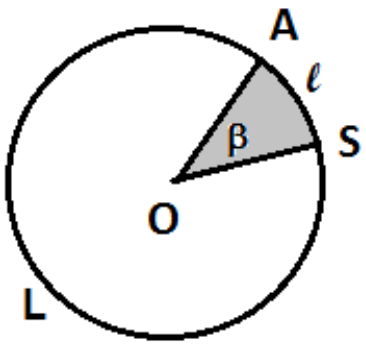
- Les lignes de chemin de fer
- Les canaux fluviaux
- Les pistes de vélodrome
- Les sabots dans les pylônes qui supportent les câbles porteurs des téléphériques

➢ *La beauté des mathématiques cachées !*

La circonférence de la terre

Pendant qu' Eratosthène (-275 , -195) **calculait la circonférence de la terre, d'autres prétendaient qu'elle était plate !**

Angles et arcs

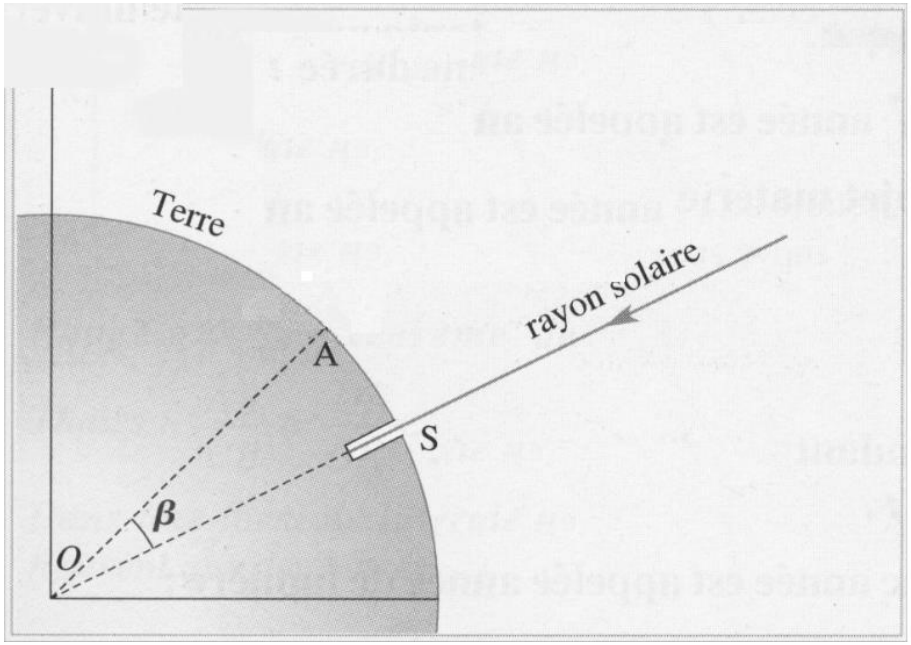


Nous disposons d'un premier arc SA de longueur « ℓ » exprimée en mètres associé à un angle d'amplitude « β » que nous exprimerons en degrés.
Il y a un deuxième arc sur la figure : c'est celui qui commence en S et se termine en… S. L'angle associé fait 360°. La longueur de la circonférence est notée L.

Comme les longueurs des arcs sont proportionnelles aux mesures des angles, nous avons : **$L / 360 = \ell / \beta$**
d'où **$L = 360 . \ell / \beta$** (on à droite et à gauche par 360)
Conclusion : si on connaît un couple ℓ, β alors on connaît **L**

Comment Eratosthène (-275 , -195), conservateur de la bibliothèque d'Alexandrie, a-t-il trouvé un tel couple ℓ , β pour mesurer la circonférence de la terre ?

Circonférence et rayon de la terre

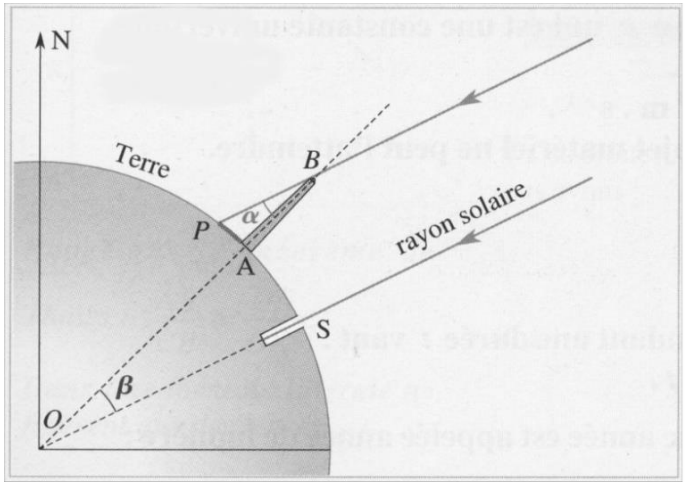


S : Syène à coté d'Assouan en Egypte, située sur le tropique du cancer. Le 21 juin, à midi, le soleil est à la verticale et peut se refléter au fond d'un puits célèbre.

A : Alexandrie (presque sur le même méridien)

Notre couple ℓ , β sera l'arc SA et l'angle entre les 2 rayons OS et OA. On peut mesurer ces 2 quantités !

Une idée géniale de simplicité !



On plante un bâton vertical AB en A, il passe par le centre de la terre O. AP est son ombre. **<u>On s'intéresse au triangle PAB.</u>** AP et AB sont perpendiculaires (verticale et horizontale du lieu) donc **PAB** est rectangle. On peut mesurer ses 2 cotés AP et AB de l'angle droit. **<u>Par conséquent</u> PAB est entièrement connu, <u>en particulier l'angle α</u>**

On a 2 rayons solaires parallèles coupés par une droite OAB, les angles α et β sont égaux d'après le **Théorème de Thalès**. Donc l'angle β est connu.
Il ne nous reste plus qu'à trouver la longueur ℓ de l'arc SA.
Prière de ne pas sourire !
On fait le produit du nombre de jours qu'il faut à un chameau pour aller de Syène à Alexandrie par la distance qu'il parcourt chaque jour (nombre de pas multiplié par longueur d'un pas, (statistiques)) !
Eratosthène trouve **39.375** Km au lieu de **40.075** Km à peu près en 200 avant J.C.
Erreur relative de l'ordre de **2 %**
Le rayon de la terre est trouvé du même coup, via p =2 π.R
Image : http://j.cassiot.free.fr/seconde/physique/partie1/activite1.3.pdf

Calcul haute performance

- Automobiles
- Avions
- Météorologie
- Maillages : passage du continu au discret
- Coupe America

Automobiles et mathématiques

- ***La simulation numérique est omniprésente* :**
- Combustion dans le moteur,
- Température et ventilation,
- Acoustique,
- Gestion des compatibilités électromagnétiques (le câblage complet d'une voiture peut exiger jusqu'à dix kilomètres de fils électriques, le courant électrique induit des phénomènes électromagnétiques qu'il faut gérer),
- Suspension,
- Echappement,
- Tests de sécurité (réaction en cas de choc, protection des passagers).
- ***Exemple proposé par Pierre-Louis Lions, Médaille Fields, Professeur au Collège de France. Colloque Maths à venir, 2009***

Avions

- **Un objet très lourd capable de voler, de se maintenir à l'horizontale, de monter, de descendre, c'est miraculeux !**
- Un avion est soumis à 2 forces : la **gravité** qui ferait *tomber* l'avion au sol, la **propulsion** qui le ferait partir telle une *fusée*.
- **Le génie de l'homme a trouvé une autre force :** « **La Portance** », astucieusement créée par une **dépression** entre les 2 côtés des ailes, elle pousse l'avion vers le haut et neutralise l'action de la gravité ! Quelques éléments de portance (**ailerons** ou **extrémité d'aile**) produisent un tourbillon associé à une dépression sur le dessus de l'aile (ce qui permet à l'avion de voler). Si l'air est dévié vers le bas, l'aile est tirée vers le haut.
- Accessoirement, il s'est créé une 4ème force, « La **Traînée** ». C'est la résistance à l'avancement : elle s'oppose au mouvement de l'avion.

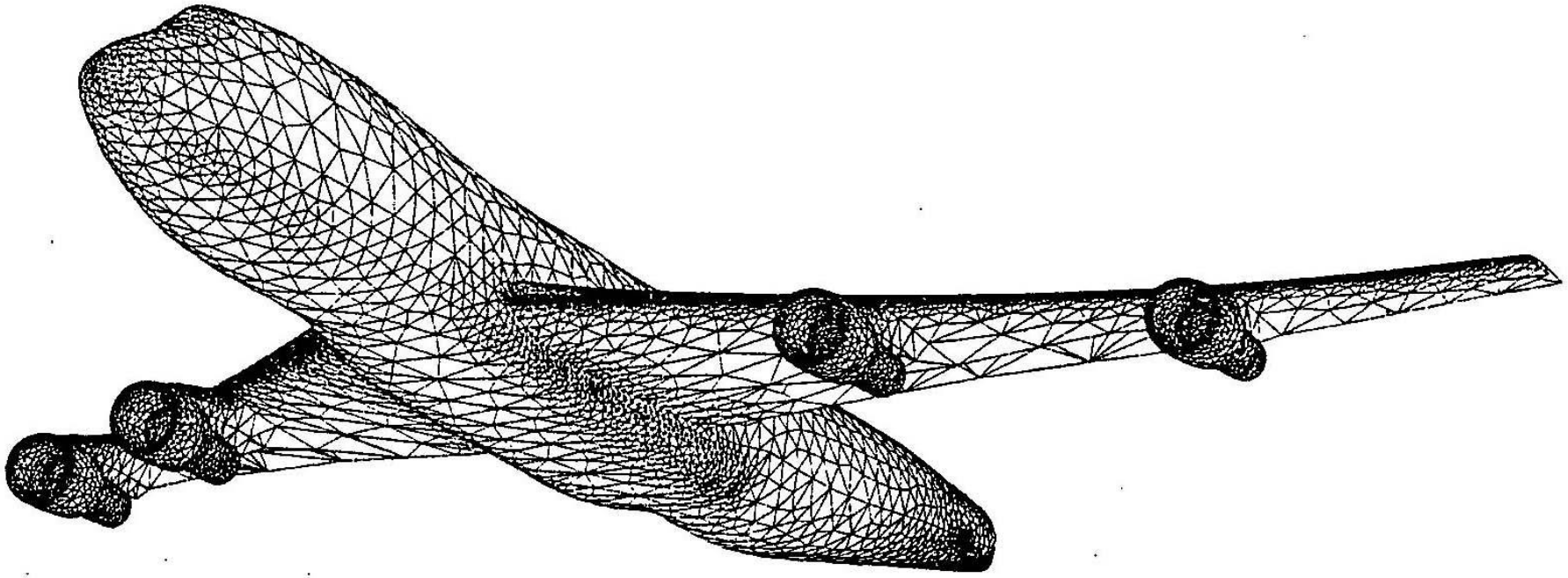
Equations de **Navier-Stokes**

- **L'écoulement de l'air autour de l'avion** a fait l'objet de nombreuses études, tant du point de vue global qu'au niveau microscopique.
- Bien des composantes sont **liées** : vitesse des particules d'air en tout point autour de l'avion (u, v, w), pression p, masse volumique r, viscosité μ…
- Navier et Stokes explicitent ces liens au XIXe siècle.
- **Henri Navier** (1785-1836) est un mathématicien et ingénieur français. **George Stokes** (1819-1903) est un physicien et mathématicien britannique.
- Equations non résolubles explicitement (**Millenium, Clay**)
- On construit des **approximations** des solutions.

Passage du continu au discret

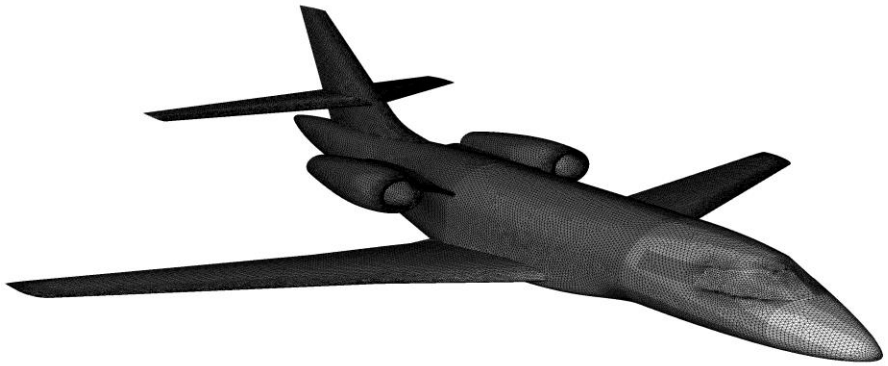
- Autour de l'avion, il y a une **infinité** de points, une infinité d'inconnues… C'est ingérable !
- On se limite à un **nombre fini** de points, et on essaie de « traduire » les équations approchées en ces points.
- La base d'une méthode très utilisée est la « **Triangulation** » : on partage l'espace en petits tétraèdres (des pyramides) de côtés variables. La triangulation se poursuit jusqu'à la surface de l'avion !
- On écrit la contribution de chaque tétraèdre aux équations générales. (**Méthode des éléments finis**)

Maillage Boeing-747



Crédits à : Houman BOROUCHAKI et Pascal J. FREY

Maillage du Falcon-7X de Dassault Aviation



L'étude du Falcon 7X a conduit à la résolution de 140 millions d'équations à 140 millions d'inconnues. L'ordinateur était le Tera-10 qui faisait en 2006 52.8 teraflops, soit 52.800 milliards d'opérations à la seconde.

Ref : La Recherche, Mai 2007, N° 408, on pourra consulter le site :
http://leat.unice.fr/pages/actualites/actualites09/HPC_2007-fr.pdf

La coupe de l’America

La coupe de l'America

- Une des plus vieilles **régates** du monde. L'idée d'une compétition, plus ou moins périodique, se finalise en 1870.
- Le vainqueur de l'année précédente est le « ***Defender*** ». Une compétition entre les autres candidats désigne le « ***Challenger*** » qui sera opposé au Defender.
- La compétition finale donne lieu à une explication entre deux bateaux, de **caractéristiques assez voisines** pour éviter des classements par catégories et des handicaps…
- La compétition se déroule en plusieurs manches dont le nombre a évolué, passant progressivement de **1 à 9**.

1983

- Les Américains ont raflé la mise puisqu'ils ont triomphé **de 1870 jusqu'en 1983**.
- Cette année là, un coup de tonnerre a ébranlé le monde nautique : « *La Coupe de l'America* » met les voiles (hum !) vers **l'Australie** !
- L'Australie venait d'acquérir **une avance technologique** sur la conception des voiles du bateau.
- Ensuite, elle va changer de mains entre les États-Unis, la **Nouvelle Zélande** et un pays qui n'a pas d'accès direct à la mer mais qui dispose d'un grand lac (et d'une belle EPL à Lausanne) : la **Suisse**, victorieuse en 2003 et 2007.

Une avance technologique

- Quand le vent souffle, il exerce une pression sur toute la surface de chaque voile. La résultante de ces pressions est **la force extérieure** qui fait avancer le voilier.
- Cependant, des forces invisibles ont tendance à étirer le tissu des voiles, risquant même de les déchirer. Il s'agit de forces internes appelées « ***contraintes*** ».
- En chaque point de la voile, il y a deux directions orthogonales telles que, dans une direction la contrainte est **maximum** et dans l'autre elle est **minimum**.
- Les mathématiciens savent calculer ces contraintes.
- Il existe un « **quadrillage virtuel** » de la voile : en chaque point, deux lignes se croisent orthogonalement. Sur les points d'une ligne, les contraintes sont maximales, sur les points des l'autre lignes elles sont minimales.

Une nouveauté dans les voiles

- Les Australiens ont réalisé la **superposition des deux réseaux** : **tissage** **et** **contraintes**. *La force extérieure devient alors plus importante.*
- Le tissage suit ces fameuses lignes de contraintes, et de plus, *la qualité et la robustesse des fils utilisés dépendent de l'intensité des contraintes*.
- En 1983, les Australiens avaient ainsi pris une avance confortable sur leurs concurrents. Mais cette avance n'a pas duré longtemps, car les techniciens du monde de la voile ont vite compris la raison du succès du challenger. Dans les compétitions suivantes, tous les tissages de voiles suivaient les lignes de contraintes ! Depuis, la technique a encore progressé. (voiles courbes).

Luna Rossa

- Sous la houlette de Ignazio Maria Viola, une équipe de chercheurs s'est attaquée à **la modélisation et à la simulation numérique des écoulements hydrodynamiques et aérodynamiques autour du voilier.** L'idée étant de dessiner un voilier « optimal »
- Ce travail a mobilisé énormément de compétences et de matériel.
- Le voilier italien Luna Rossa a été battu dans la compétition pour sélectionner le challenger.

- *http://anss.client.shareholder.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=390680*
- *http://www.ansys.com/special/news-images/2008/billion-cell-11-17-imagesheet-08.htm*

Un record

- C’est à cette occasion que la simulation a atteint des sommets : des systèmes **d’un milliard d’équations à un milliard d’inconnues**. C’est la société ***Ansys*** qui a fourni l’ensemble des logiciels. La puissance de calcul des ordinateurs a atteint les **22 teraflops** (22 mille milliards d’opérations à la seconde).
- Il a fallu plus **d’une semaine de calculs** pour obtenir les résultats attendus.

Le vainqueur : l’homme !

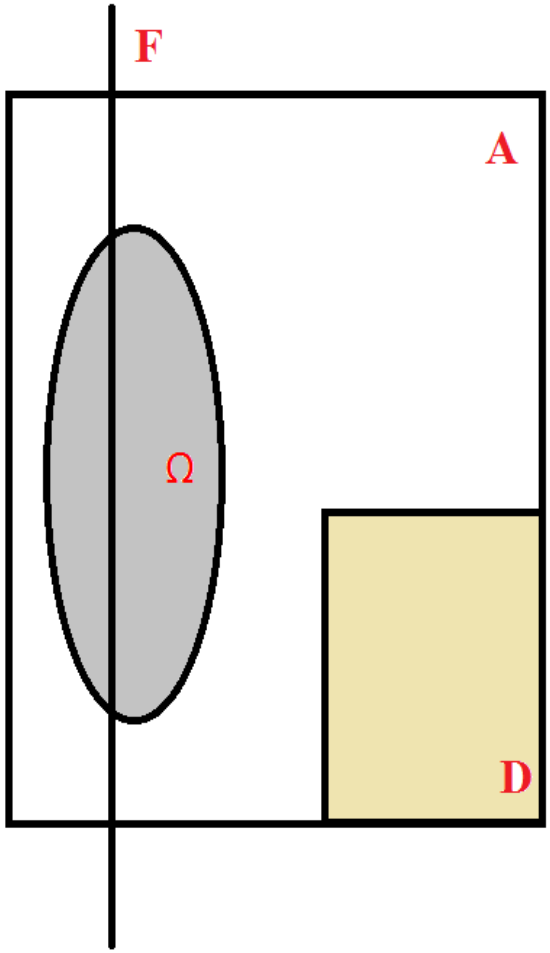
Malgré la haute technologie, le voilier Luna Rossa a cependant été battu : la force est restée à l’intelligence de course de l’équipage et du skipper. *C’est réconfortant, le rôle de l’homme reste primordial !*

<u>Nouveauté</u> :
La bateau semble planer sur les foilers !
(prononcer « foï-l'heure »)

Par **Ludovic Peron — Photographie personnelle**, CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=562366

Conception optimale de forme

Conception optimale de forme (I)



Problème posé par des physiciens en 1972-73 :

Armoire A.

Fil électrique F, *champ électromagnétique*

D contient des appareils sensibles, perturbés par le champ.

On place 1Kg de matière isolante dans une zone appelée Ω

Question : **comment choisir Ω pour que « la » mesure du champ soit minimum dans la zone D ?**

Dispositif simple équivalent à un blindage magnétique

Conception optimale de forme (II)

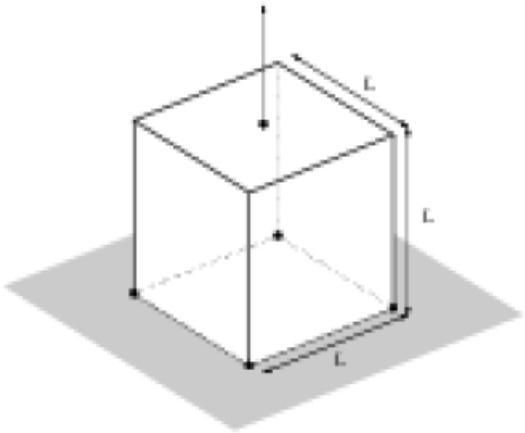
- Géométrie : le ***domaine Ω***, notre isolant, nous pouvons changer sa forme, le contrôler.
- Une **équation d'état** permet de définir une ***fonction d'état*** (ici le champ électromagnétique)
- Une autre fonction intervient : la ***fonction coût J*** qui dépend en dernier ressort de Ω. Dans notre exemple, c'est une quantité qui « *mesure* » le champ dans la zone D en fonction du choix de la forme Ω.
- Nous cherchons à trouver ***un « meilleur » Ω afin que J soit minimum.*** *On se contente souvent d'améliorer un Ω initial*
- **Google : « Shape optimal design » : 2010 → 30.200 pages,**

  2013 → 4.310.000 pages, 2017 → 8.900.000 pages, 2020 → 243.000.000 pages

  « Conception optimale de forme » : 2017 → 786.000 pages, 2020 → 18.400.000 pages.

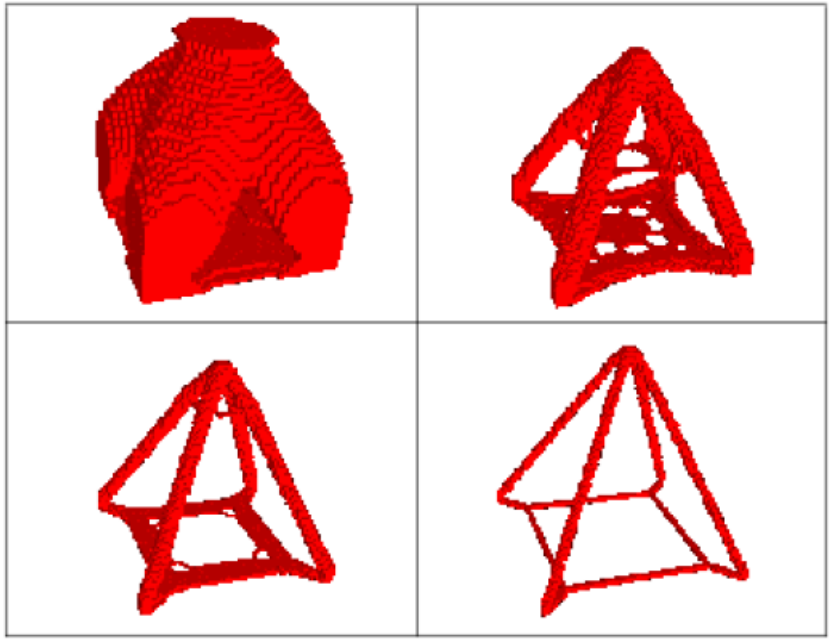
Optimisation d’une forme en mécanique

- On va appliquer une force au centre d’un cube. La dimension de la base est fixée, ainsi que la hauteur.
- Parmi les structures rigides qui supportent la force, nous en cherchons une qui aurait son volume (donc son poids) réduit. La base n’est pas fixée au sol, on peut la déplacer.
- Par exemple, réduction à 1% du volume initial… si cette structure existe !!!



Résultats

Nous modifions de proche en proche la structure, en orientant nos modifications par ce que nous avons appelé le **gradient topologique**. Notons la formation de trous par rapport à la formation initiale.
Notons que les pieds ne sont pas fixés au sol, sinon la forme aurait été différente.



Résultats au bout de 8, 28, 37, 50 itérations. Les volumes représentent respectivement 50%, 7%, 3% et finalement 1% du volume initial.

Référence : « The Shape and topological optimizations connection Jean Céa, Stéphane Garreau, Philippe Guillaume, Mohamed Masmoudi ». December 7, 1998. Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. 188 (2000), no. 4, 713-726.

Interface Cerveau Machine

Les diverses étapes

Interface cerveau-machine

Phase 1 : étalonnage

On demande au patient de simuler mentalement une action. Il en résulte une *émission de signaux électriques et magnétiques.*

→ **Le système « enregistre » des signaux pendant cette phase.**

- Mesures des signaux.
- Elimination du « bruit ».
- Classification par extraction des caractéristiques essentielles.
- Stockage « *action simulée-signal* » dans une **base de données**

- **Les signaux proviennent de l'activité électrique des neurones**. Les techniques non invasives consistent à placer les électrodes sur le cuir chevelu.
- **« Nettoyage des signaux » par élimination du bruit de fond**. Il y a une marge plus ou moins grande d'incertitude dans leur émission et leur interprétation, bruit qui peut être dû, par exemple, à des activités mentales involontaires du sujet ou à la superposition des champs électriques de larges populations de cellules. Des techniques de **filtrage** spatial et temporel sont nécessaires en prétraitement du signal (électronique, mathématiques).

- **La classification des données** appelle une extraction d'un signal cohérent et stable depuis les données brutes. Tout ce qui permettra une *identification facile* et sans erreur. *Comme un* ***dictionnaire*** *des mots, faciles à retrouver*.
- **Stockage dans une base de données**

- http://www.inserm.fr/thematiques/technologies-pour-la-sante/dossiers-d-information/interface-cerveau-machine

Interface cerveau-machine

Phase 2 : robotique ou exécution

Nous arrivons à la phase robotique avec ses 3 grandes étapes :

1. **Capteur** d'informations pertinentes.
2. **Analyseur** et prise de décision
3. **Actionneur** : actions diverses en fonction de l'analyse des signaux reçus par le capteur.

→ 4. **Rétroaction** possible.

Le patient va penser à une action. Le système **capte** les signaux émis par son cerveau. Il les **analyse** et les compare à ceux qui figurent dans la base de données. Il **identifie** alors l'action imaginée par le patient pendant l'étalonnage. Le système va émettre une **commande** afin qu'un **système mécanique indépendant** (un robot, un fauteuil roulant, une prothèse...) **exécute l'action identifiée.**

Il peut y avoir un « retour » d'information (une rétroaction) au patient afin de consolider le mode de fonctionnement.

Un exploit : commander par la pensée (I)

- Des chercheurs de l'Université de **Pittsburgh** (école de médecine – Pennsylvanie, 2012) ont permis à ***une femme paralysée à partir du cou par une maladie neurologique dégénérative*** de ramasser et de réorienter des objets et même de se nourrir **en contrôlant un bras robotisé avec ses pensées.** Un degré de nuance et de fluidité encore jamais vu.
- **Taux de 91,6 % de réussite** dans ses « actions ».

Un exploit : commander par la pensée (II)

- Il ne lui a fallu que **deux semaines pour prendre le contrôle total de la main artificielle** (même si elle était en mesure de la déplacer après seulement deux jours)
- Sa vitesse augmente avec la pratique, ce qui suggère que les algorithmes et le cerveau humain sont capables d'améliorer les performances de ce type d'interface cerveau-machine au fil du temps.
- **http://www.gurumed.org/2012/12/19/la-meilleur-prothse-linterface-cerveau-machine-pas-de-bras-mais-du-chocolat/**
- **Voir espaces de temps : 1:35-1:55 et 6:26-8:00**

France 2, 04/10/2019, 20:32

Grenoble : un homme tétraplégique parvient à marcher grâce à un exosquelette.

Une équipe de scientifiques français a permis à un jeune homme paralysé de parcourir plus d'une centaine de mètres à l'aide d'un exosquelette.

Le dispositif se met en mouvement grâce à la pensée de Thibaut…

- **On connaît les exosquelettes qui aident les patients paralysés à réaliser des mouvements grâce à des harnais robotisés. On connaît aussi les bras bioniques : reliés au cerveau par des électrodes, ils permettent d'effectuer des gestes pour les personnes tétraplégiques. Aujourd'hui, les chercheurs français viennent de coupler ces technologies afin d'aider un jeune tétraplégique à remarcher grâce à la pensée…**

France 2, 04/10/2019, 20:32

- **Son cerveau envoie l'ordre de se déplacer grâce à un exosquelette qui réalise le mouvement. Un exploit pour ce Lyonnais de 28 ans, paralysé des quatre membres après une chute. Il y a deux ans, des chercheurs français ont implanté 64 électrodes de quelques centimètres carrés à la surface du cerveau de ce patient. Elle capte les signaux cérébraux et les retranscrit pour commander la machine. Un succès pour les médecins après des années de recherche.**
- https://www.francetvinfo.fr/sante/decouverte-scientifique/grenoble-un-homme-tetraplegique-parvient-a-marcher-grace-a-un-exosquelette_3644937.html

Attention Danger !

- Si vous entendez « **C'est mathématique** » ou « **Les statistiques montrent que** », attention, il peut y avoir danger ! **L'art de tirer du faux à partir du vrai !**

- **Exemple 1** : « Depuis la guerre, l'absentéisme a augmenté dans l'éducation nationale. »

C'est vrai. **On peut en tirer que** les enseignants sont moins sérieux qu'avant.

On oublie ce faisant qu'il y a eu un gros changement : beaucoup de femmes travaillent, elles exercent aussi le métier d'enseignantes. **Que se passe-t-il en cas d'urgence** (si par exemple un enfant du couple est malade ?)

Si on faisait des statistiques avec un **échantillon** analogue à celui d'avant guerre (les hommes enseignants dont les femmes restent à la maison), on retrouverait les mêmes résultats qu'avant-guerre.

- **Exemple 2** : « Les travailleurs immigrés coutent cher à la sécurité sociale ».

C'est vrai. **On peut en tirer que les travailleurs immigrés**… Mais les travailleurs français de souche qui exercent les mêmes professions que les travailleurs immigrés coûtent aussi cher (Bâtiment…). Encore un problème **d'échantillonnage**.

A chacun ses choix

- **Les exemples choisis par l'auteur de cette conférence correspondent à ses goûts et à ses compétences (disons l'analyse fonctionnelle).**
- **Un autre mathématicien aurait pu faire d'autres choix : algèbre, géométrie, topologie, théorie des nombres, probabilités, statistiques, mélange de disciplines et maintenant Intelligence Artificielle, Big Data...**
- **C'est dire si… les mathématiques sont vastes et sont partout.**

MERCI