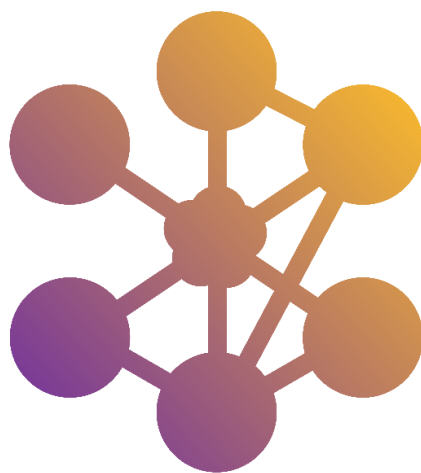


Club Cast3M 2024

29 novembre 2024 – La Coupole – Paris



Recueil des résumés

<https://www-cast3m.cea.fr/>

Simulation de la déchirure ductile par choc thermique

Marouane Lahmidi⁽¹⁾, Cédric Gourdin⁽¹⁾, Catherine Gardin⁽²⁾, Franck Tankoua⁽¹⁾

(1) INSTITUT P'/Physique et Mécanique des Matériaux/Endommagement et durabilité, ISAE-ENSMA

(2) DES/SEMT/Laboratoire d'Intégrité des Structures et de Normalisation, CEA Paris-Saclay

Contact : marouane.lahmidi@cea.fr

Mots-clés : Déchirure ductile, Choc thermique, Intégrale J

Dans l'industrie nucléaire, l'intégrité des composants doit être assurée pendant toute la durée d'exploitation. En effet, ces pièces étant soumises à des sollicitations importantes, il faut prédire leurs modes de ruine. On doit démontrer que, même en présence d'une fissure, l'équipement est capable de supporter les chargements qu'il est susceptible de subir, en particulier le chargement de choc thermique. La méthode G_{fr} est un critère de propagation de déchirure ductile. Elle est basée sur différents calculs stationnaires, en particulier le calcul de la partie plastique de l'intégrale J [1]. Celle-ci est moins conservatrice que la méthode J_{3mm} utilisée en industrie nucléaire. Elle offre des résultats pertinents dans le cas de sollicitations mécaniques. Cependant, elle n'est pas validée dans le cas des chargements de choc thermique. Dans le cadre de cette thèse, nous proposons 4 pistes pour valider cette méthode :

- La déchirure ductile par choc thermique est un phénomène très peu probable. Cependant, le Oak Ridge National Laboratory a réalisé un essai de choc thermique pressurisé en 1988 [2]. Nous avons essayé de simuler la déchirure ductile de cet essai en utilisant la méthode G_{fr} . La comparaison de la simulation numérique et le résultat expérimental présente un écart de 0.2 mm pour l'ouverture de fissure et 3 mm pour la propagation de fissure. Ce qui est considérable. En raison d'une perturbation inexplicée dans la courbe, nous associons cet écart à un aléa expérimental. Les résultats présentés dans cette partie ne permettent donc pas de statuer sur l'approche G_{fr} sous chargement de choc thermique.
- Le principe de la méthode G_{fr} est de diviser le taux de restitution de l'énergie en une partie élastique et une partie plastique. En utilisant l'intégrale J, il est possible de calculer le taux de restitution, ainsi que sa partie élastique. Nous pouvons donc en déduire la partie plastique. Cette méthode doit être justifiée théoriquement. Pour cela, nous nous basons sur l'expression de l'intégrale J suivant la méthode G- θ .
- La méthode G_{fr} utilise l'approche globale de la mécanique de la rupture. Nous souhaitons comparer cette méthode avec l'approche locale, en particulier la méthode GTN. Pour ce faire, nous avons construit un maillage adapté au calcul GTN, ainsi qu'au calcul G_{fr} .
- La quatrième piste de validation de la méthode G_{fr} consiste à développer un essai de choc thermique pour comparaison. Nous avons choisi un matériau austénoferritique. Ce matériau est composé d'une phase ductile et une phase fragile. Grâce à un traitement thermique de 5 mois, la phase ferritique se fragilise. A l'échelle macroscopique, le matériau se comporte donc comme un acier ductile à faible ténacité. Le tube sera chauffé par induction à l'extérieur et refroidi à l'intérieur par injection d'eau. Un effort de traction de 1 MN sera également appliqué. Au vue des calculs de prédimensionnement, ce chargement thermomécanique permettra de propager la fissure circonférentielle au sein du tube.

Références :

[1] **J. R. Rice**, Journal of Applied Mechanics, Vol 35 (1968) pp. 379-386.

[2] **R. H. Bryan, B. R. Bass, S. E. Bolt**, Nuclear Engineering and Design, Vol 115 (2) (1989) pp. 359-367.

Simulation numérique au soutien des phases de pré-essai et de post-essai en interaction sol-structure

Reine Fares⁽¹⁾, Julien Clément⁽²⁾

(1) Université Paris-Saclay, CEA, Service d'Etudes Mécaniques et Thermiques, Gif-sur-Yvette, France

(2) IRSN/PSN-EXP/SES/LMAPS, Fontenay-aux-Roses, France

Dans le but de valider les modèles numériques et d'améliorer la prévision des non-linéarités géométriques (tassement, glissement, décollement, plastification) se manifestant au droit d'une fondation superficielle soumise à des sollicitations dynamiques, le CEA et l'IRSN ont prévu de réaliser des séries d'essais sur table vibrante (CEA) et in situ (IRSN).

Cette présentation s'intéresse plus particulièrement à l'étude de la faisabilité de ces essais. Une première phase de prédimensionnement a été effectuée au moyen d'analyses numériques pour définir les principaux paramètres expérimentaux. À la suite de cette phase préliminaire, des essais préliminaires ont été menés afin de valider les modèles développés et d'affiner les méthodologies de simulation.

Enfin, deux campagnes expérimentales seront conduites : l'une par l'IRSN sur le site Euroseistest, et l'autre par le CEA sur la plateforme Tamaris, avec pour objectif de constituer une base de données robuste sur la réponse d'une structure basculante sous chargements dynamiques. Ces essais seront accompagnés d'une modélisation numérique, ainsi que d'une analyse comparative de diverses approches numériques dans le cadre d'un benchmark spécifique.

Investigations numériques de l'impact des conditions de contact sur l'endommagement et le comportement sismique des barrages-poids :

Etude de cas du barrage de Beni-Haroun

Abdelhamid Becheur

Département de Génie Mécanique, Laboratoire LRHAE, Faculté de Technologie,
Université Abderrahmane Mira Bejaia

Cet article étudie l'impact de la prise en compte des conditions de contact et d'une culée en gradins dans la fondation sur le comportement sismique des barrages-poids en béton. À cet effet, une analyse pushover a été réalisée en utilisant deux modèles distincts basés sur la mécanique de l'endommagement. Le premier modèle utilise un maillage continu entre le barrage et la fondation sans interfaces, tandis que le second considère des maillages distincts pour le barrage et le sol avec des relations de contact. Afin d'améliorer la précision, des simulations numériques ont été effectuées pour chaque cas en utilisant trois modèles d'endommagement différents en approche non locale. Les résultats montrent que la prise en compte des conditions de contact a un impact significatif non seulement sur la réponse sismique globale, mais également sur la distribution et la progression du champ d'endommagement dans le barrage. Plus précisément, les zones de concentration des dommages à proximité des fondations diffèrent entre les deux modèles de calcul. Dans le premier, les dommages apparaissent d'abord près du talon du barrage, tandis que dans le second, ils commencent près de la culée. Cette analyse est illustrée par une étude du cas du barrage-poids de Beni-Haroun.

ColHySE^{Cast3M} : Un outil métier prédictif pour simuler l'hydrodynamique des colonnes d'extraction liquide-liquide

Clément Berthinier

CEA Marcoule, DES/ISEC/DMRC/SASP/LSPS

L'extraction sélective des actinides (majeurs ou mineurs), ou des lanthanides (terres rares), est d'intérêt stratégique. Le CEA recherche d'une part de nouvelles molécules extractante plus performantes (meilleure sélectivité pour certaines espèces, meilleur rendement d'extraction, etc.), et recherche d'autre part à améliorer les procédés de mise en œuvre à l'échelle industrielle de ces molécules. Dans l'optique du renouvellement de l'usine de La Hague (~2040), le CEA est mis à contribution pour le dimensionnement et l'optimisation des procédés qui seront mis en œuvre. Les colonnes pulsées font parties des appareils qui seront utilisés dans les futurs ateliers. Le comportement hydrodynamique de ce type d'appareil est complexe, il apparaît indispensable de disposer d'un simulateur prédictif que ce soit pour les études amont en R&D (dimensionnement), pour une utilisation ligne durant l'exploitation, ou encore pour la formation des pilotes.

ColHySE (Column Hydrodynamic-based simulator for Solvent Extraction), est un outil métier sur base Cast3M (DM2S) développé au CEA-ISEC qui permet de simuler le comportement hydrodynamique des colonne pulsées d'extraction liquide-liquide. Deux phases non miscibles (généralement une aqueuse et l'autre organique) sont mises en contact et forment un système diphasique. L'une des deux phases est dispersée dans l'autre par agitation du milieu, formant une émulsion. La phase organique est soigneusement choisie pour sa capacité à former des complexes avec les espèces d'intérêt présentes dans la phase aqueuse. La réaction d'extraction liquide-liquide (ELL) se fait au contact entre les deux phases d'où l'importance d'avoir une grande surface de contact. Ainsi, la qualité de l'émulsion est primordiale dans ce type d'appareil.

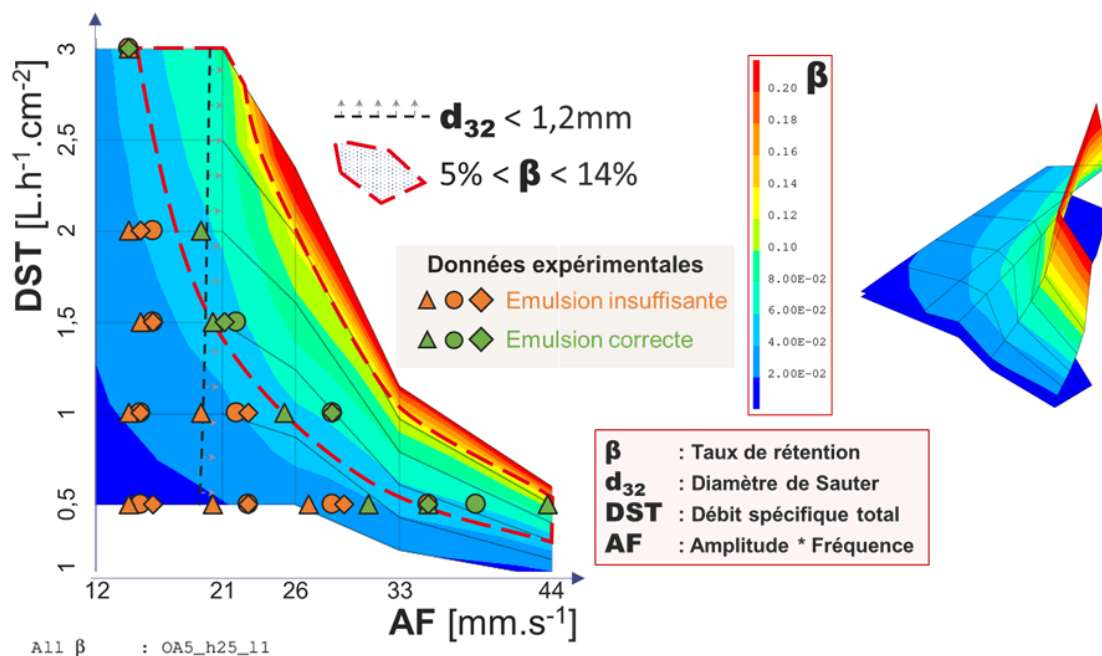


Figure 1 Simulation du diagramme de fonctionnement d'une colonne pulsée de laboratoire avec ColHySECast3M et confrontation aux données expérimentales.

Dans cette présentation, les équations de conservations prises en compte dans ColHySE et résolues par Cast3M (Langage de modélisation sous-jacent) sont explicitées. Ensuite, la logique d'utilisation de ColHySE est abordée sous la forme d'un exemple de mise en donnée d'une colonne pulsée. Enfin, Certains modèles utilisés dans ColHySE possèdent des paramètres qu'il faut déterminer. Cette étape primordiale passe par l'acquisition de données expérimentales. Une fois la calibration des modèles effectuée, il est possible d'utiliser ColHySE de manière prédictive pour notamment retrouver le diagramme de fonctionnement de l'appareil.

Simulation du soudage multi-passes d'une tôle chanfreinée en 316L(N)

Serge Pascal

CEA Saclay, DES/ISAS/DRMP/SRMA/LTA

Contact : serge.pascal@cea.fr

Ce travail concerne la simulation du soudage multi-passes d'une tôle chanfreinée en acier 316L(N) selon deux trajectoires : l'une allant toujours dans le même sens, l'autre faisant des aller-retours.

La modélisation présentée est basée sur une maquette de soudage multi-passes réalisée au CEA, SRMA/LTA.

Le cas réel portait sur une tôle de 500 mm de longueur et comportait 29 passes de soudage.

La modélisation s'est limitée à 7 passes de soudage de 100 mm de longueur.

L'analyse thermique est réalisée en transitoire non-linéaire.

La torche de soudage est modélisée par une source gaussienne elliptique se déplaçant le long de la trajectoire de l'outil en respectant sa cinématique.

L'apport de matière est modélisé par l'ajout d'éléments finis le long de la trajectoire selon un pas de discrétisation de 3 mm.

On modélise les échanges de chaleur par convection et rayonnement avec l'environnement.

L'analyse mécanique est réalisée en statique non-linéaire.

Le comportement mécanique de l'acier 316L(N) est modélisé par une loi élasto-plastique avec écrouissage cinématique linéaire.

La restauration de l'écrouissage est modélisée simplement en mettant à zéro les variables internes du modèle lorsque la température dépasse 1000°C.

Une condition unilatérale est imposée pour le déplacement U_z sur la surface inférieure de la plaque ($U_z > 0$) et une condition de face plane est imposée à l'une de ses extrémités.

Les mors de serrage sont également modélisés.

Les résultats de calcul sont comparés à des mesures de température pour la thermique, et à l'évolution de l'ouverture du chanfrein au cours du soudage pour la mécanique.

Integrating CAST3M and Python for Simulating Cross-Correlated Random Field Material Properties in Structural Elements

Owoeye Abayomi, Frederic Duprat, Thomas De Larrard, and Zakaria Djamai

Université de Toulouse; INSA, LMDC (Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions); 135, avenue de Rangueil; F-31 077 Toulouse Cedex 04, France

Contact : owoeye@insa-toulouse.fr, duprat@insa-toulouse.fr, delarrard@insa-toulouse.fr, and djamai@insa-toulouse.fr

Keywords: Cross correlation, Random fields, Uncertainty, Finite element.

Structural elements of engineering systems, such as masonry bricks, stones, and mortar joints exhibit distinct variations in their geometry and mechanical or material properties. These variabilities could be presented in varying degrees within the structure, and the global behavior of the structure will reflect their combined effect. Consideration of the random spatial variability of structural elements parameters would generally result in a lower but more correct reliability index than the one obtained from random parameters constant over the geometry. Although random field theories provide a basis for stochastic framework, accommodating complex, multidimensional, and multivariate randomly varying material properties and characteristics, unfortunately, incorporating random fields in nonlinear finite element (FE) simulation, referred to as Uncertainty FE Method (UFEM), is hindered by the lack of practical computer tools that automate random field generation and cross correlation of random fields using commercial FE software. Therefore, to represent and simulate cross-correlated spatial variability in the engineering mechanical properties of structural elements for UFEM analysis, an approach based on integrating Python script defined mechanical properties and Cast3m model is presented. First, the same volumetric coordinate system for the model is defined in Python and Cast3m, followed by estimating the complex nodal cross correlated random spatially varying mechanical properties (Gaussian or Non-Gaussian) using a Python script while the boundary and loading conditions are defined within the Cast3m model. Merging the Python script defined mechanical properties and the Cast3m defined boundary and loading condition model provides a robust useful tool for a UFEM analysis. After presenting the general integrated framework, application to engineering problems is illustrated by a practical example of Unreinforced Masonry Walls (URM) subjected to lateral load displacement. This work is part of an ongoing program at the LMDC laboratory, INSA, Toulouse to access the probabilistic behavior of brick masonry. The uncertainty responses due to the influence of spatial variability in material properties of the URM constituents would serve as a key input data for the next stage of reliability and uncertainty analysis.

An automatic pilot for partitioned multiphysics coupling, a methodology to module reordering

Christopher Nahed

DES/ISAS/DM2S/SEMT/LM2S

Dimensionless ratios in engineering are ubiquitous; but their utility in the multiphysics community is sometimes overlooked, where coupling methods are often developed without monitoring the ratios of coupling terms. However, the varying strengths of the couplings in a multiphysics model influence the convergence rate, the stability and execution speed of the coupling scheme. In fact, it is known that the “ordering” of physics modules is primordial to multiphysics scheme performance. However, “how to order” the modules remains vaguely discussed, and module ordering is generally based on problem specific experience and/or stability analyses. In generic multiphysics coupling, where volume, interface/surface coupling manifest, optimal module ordering may vary along simulation time. Motivated to find a measure that is not problem specific, we apply dimensionless analysis onto a generic multiphysics system. Our “chicken-egg” algorithm uses dimensionless preconditioning to estimate the strengths of the various coupling terms found in a multiphysics system. The algorithm continually estimates the strength of the couplings and orders the partitioned modules automatically. This algorithm is tested for the first time on a thermo-hygro-corrosive model. Benchmarking against monolithic and diagonalised strategies, the numerical tests show a significant reduction in iterations and thus over a 1.7-fold improvement in program execution time.

Finite element modelling of inflatable beams up to the ultimate stability phase

Laurent Gornet, Jean-Christophe Thomas

GeM UMR CNRS 6183 Ecole Centrale Nantes/ Nantes University, France

Contact : Laurent.gornet@ec-nantes.fr

Keywords: Pneumatic structures, softening, structural membrane, sustainability

The aim of this paper is to examine three finite element models designed to simulate the behaviour of inflatable beam structures. These models are compared to each other on the example of an inflatable beam subjected to different boundary conditions. Experimentally measured vibration modes are used to show the relevance of the different models. The Timoshenko finite element beam model (T1) is based on a cubic interpolation for displacements and quadratic for rotations. The second model (T2) uses linear interpolation functions and sub-integration for rotations to avoid numerical locking phenomena. The last model (T3) is based on a quadratic interpolation of displacements and a reduced integration of rotations. The coupling between bending and torsion is taken into account. Finally, a mixed finite element approach combining pressurized beam elements with discretized cross-sections allows to take into account the nonlinear behaviour in the cross-section and drives the simulations to the loss of structural stiffness. The presented finite element models are implemented in a three-dimensional version in the finite element code Cast3M CEA.

Simulations d'un essai *pushout* comportant un défaut et estimation de sa probabilité de défaillance par la méthode des surfaces de réponse

Martin Debuisne⁽¹⁾, Ludovic Jason⁽²⁾, Luc Davenne⁽¹⁾

(1) Laboratoire Énergétique Mécanique Électromagnétisme (LEME), UPL, Univ Paris Nanterre, Ville d'Avray, F92410 Ville d'Avray, France

(2) Service d'Etudes Mécaniques et Thermiques, CEA, Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France

Grâce à leur facilité de construction et à leurs bonnes performances vis-à-vis de leur poids, les constructions SCS (steel-concrete-steel) ont bénéficié d'une attention toujours plus importante de la part de la communauté scientifique ces dernières années. La recherche actuelle a principalement concentré ses efforts sur la conception de nouveaux connecteurs pour augmenter le degré d'action composite, ainsi que sur l'identification du nombre de connecteurs nécessaires pour obtenir un degré d'action composite complet. Cependant, peu d'études se sont concentrées sur les conséquences des défauts de bétonnage dans une structure SCS.

Si certaines études proposent des méthodes de contrôle non destructif, il est reconnu que l'auscultation au-delà de l'interface béton-plaque d'acier est difficile, et particulièrement longue. Des mesures de réparation pour de tels défauts est de surcroît mal aisée, car il s'agit de passer à travers des plaques d'acier dont l'épaisseur est comprise entre 8 mm et quelques centimètres. Ainsi, les problématiques liées à l'impossibilité de réparation des structures SCS justifient le besoin d'études spécifiques sur leur comportement en présence de défauts liés à la mise en place du béton (ségrégation, bulles d'air, ...).

La quantification claire des risques associés avec les défauts d'interface est actuellement peu abordée dans la littérature scientifique, car les études expérimentales sont délicates. Aussi, dans cette contribution, les études sont menées sur une campagne de simulation numérique visant tout d'abord à reproduire un essai de cisaillement de connecteur sain publié dans la littérature scientifique. Etant donné l'absence de données expérimentales sur les conséquences des défauts, sa représentativité est cruciale pour les études suivantes.

Cette simulation est ensuite développée en insérant des défauts directement dans son maillage, représentant par ce biais des vides entraînés dans la matrice de béton. L'analyse des conséquences des défauts démontre l'existence de positions critiques impactant le comportement d'un connecteur isolé. A l'aide d'une formulation adaptée pour le positionnement des défauts, les impacts de ces défauts sont évalués à travers un plan d'expérience permettant d'explorer un domaine de variation spécifique pour les défauts.

Les résultats obtenus par éléments finis permettent alors d'extraire des quantités d'intérêt, par exemple la force transmise par un connecteur ou sa rigidité initiale. A partir de la base de données reliant ces résultats aux positions des défauts correspondant, il est possible d'identifier un polynôme d'ordre 2 qui constitue une surface de réponse permettant d'approximer les quantités d'intérêt dans le domaine de variation adopté pour les paramètres des défauts.

Enfin, une méthode de Monte Carlo peut être utilisée pour estimer des probabilités de défaillance à partir d'un critère de défaillance adapté. Des lois de probabilité sont appliquées sur les paramètres des défauts, et un grand nombre d'échantillons est tiré. La surface de réponse calculée à l'étape précédente permet de classer les échantillons selon la réponse attendue, et de déterminer la proportion d'échantillons en défaillance par rapport au nombre total.


```

`/shdddhy+.
.sdhs+ooshdmNh:
-mdo/--.-:+ydNNN+
dms/-...:/odmNNN-
.Nmy+---:/oydmNNN+
mmdyso+ooyhmmNNNN-
:mNmdddmNNNNNy/-`
`/ydddddmmh+.
-yNNNmNNNNNNNdsyso+o+.`/ydhdddyy+.
:ddy+///+shmNmo`
-+ydmNmho:`-+syo++yds+//+oydmNmo`
/mho:-...-/oymNNy
.y/d+` `./shmy/-...:+ydNNNy
mms+...-/ohmNNN/
`s:d/ `Nds/-...-/+ydNNN:
`Nmhs+://+oydmNNN+
`s:d/ `Nmy+://oydmNNNN/
hNmhdhyssyhdmmNNNN/`
`s:d/ `dNmhyssyhdmmNNNNm.
.hNNmmmmmmNNNNNNs+/-`
`y/m/ `.-:+mNmmmmmmmNNNNNNm:
`+hmNNNNNNNNds:oyyo+++` :osohh+` .-://+sys/sdNNNNNNNNds.
`-+syyyso:. `+sssoos+ohyo/ohyys//oyyo-` .++mhsyyys+:.
.ods-.:odms--/ymmy/. ` -++dy`
`ms+ooymmyosydNN/ -/+ds`
smy:.+h:-+hNNd` :/+do
`-:dh+/hh+/+ydNNo+/.`/:od+
`-+syyyso:. `.-://oyhdmmmmNmnmNNmhsso+oom/ ` -+syyyso:.
`+hdysoosydms::/+sys/. ./sydsms+- .:sysoos+/+hsoosshmNds.
.hmy/:-.-:/shmNmoyyo:` `s/d/ ./:dhsysddo/----/oydNNm:
hnh+...-:oymNNN/` `y/d/ -/:hy` .mms/-...-:+ydNNm.
`Nmho/:-.-:/+ydmmNN+ `y/d/ -/:hs` .Nms+:-.-:/+shdNNNN/
mNmhysoosyhdmmNNNN/ `s/d/ ::/d+ `NmdysoosyhdmmNNNN-
/mNmdddmNNNNNh+:.` .y+d+`/:od/ ` -:oNNmdddmNNNNNNs
:dmNNNNNNNNNmhyss+++/-` -+ydhdddyyd-` .://oyhdNNNNNNNNNNm+
`s:dmmmmmmy+. `oysoo+oydy+//+shmNmo:/+shs/. `/sdmmmmmy+.
`-+yhmh+:-.-:/shmNNhho:`
mmy+:-.-:+shmNNN-
.Nmho+///oshdmNNN+
dNmhdhyssyhdmmNNNN-
-mNNmmmmmmNNNNNN+
.smNNNNNNNNNNh-
`/shdddhs+.
```