

Simulation de chute

Modèle

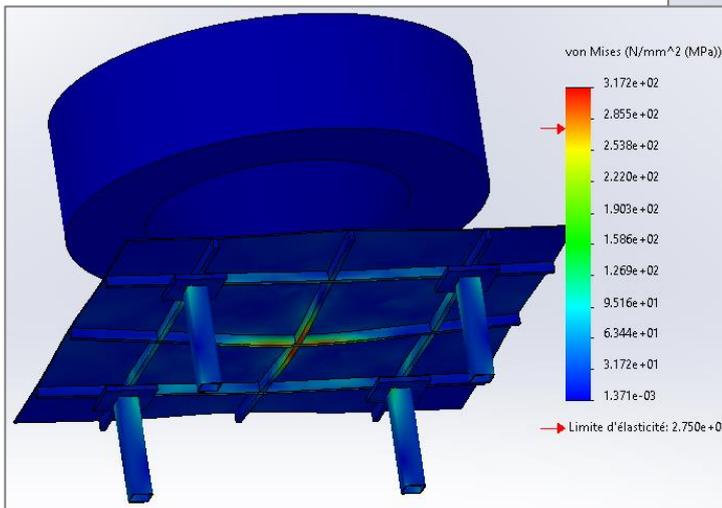
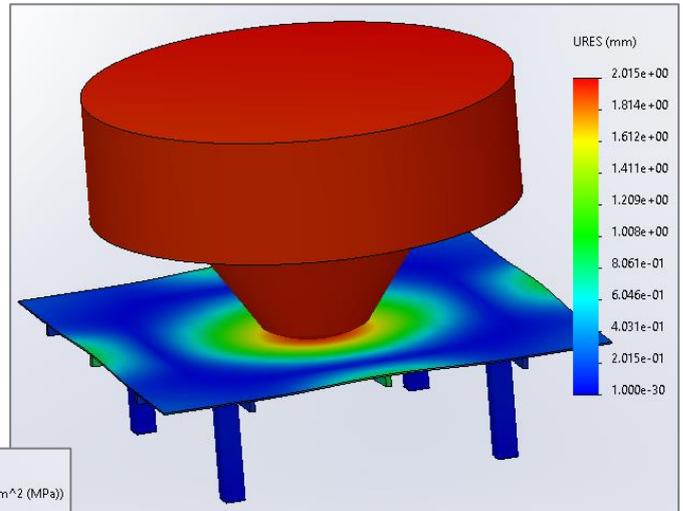
- La masse de chute est définie dans un matériau de type acier, d'une masse d'environ 1100 kg. Il est clair que les lois de comportement de l'acier sont très éloignées de celles du minerai de fer...
- Les faces inférieures des quatre pieds sont fixées au sol.
- Le contact entre la masse et la table est une zone plane circulaire de petit diamètre. La liaison est de type "Contact", sans frottement.
- Un contrôle de maillage fin est appliqué dans la zone de contact entre la masse et la table. Le reste du modèle est maillé de façon plus grossière, afin de réduire le temps de simulation.
- Une vitesse initiale négative est imposée à la masse de choc (objectif fixé : -14 m/s).

Simulation statique

La première étude est réalisée en statique, dans laquelle la masse est en contact avec la table, sans vitesse initiale. Seule la pesanteur sollicite l'ensemble.

Déplacements

Le déplacement est maxi au centre de la tôle, et vaut environ 2.0 mm.



Contrainte von Mises

La contrainte maxi de von Mises vaut 317 MPa, atteinte sur les nervures dans la zone centrale.

Contrainte également élevée en partie haute des pieds de la table (185 MPa).

Coefficient de sécurité

Pour mémoire, la limite élastique de l'acier prévu pour la table est de 275 MPa (S355JR), et la limite de traction de 450 MPa.

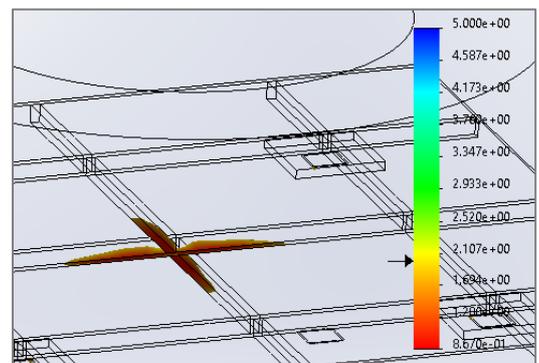
Coefficient de sécurité inférieur à 1, la limite élastique est dépassée au niveau du croisillon central.

Conclusion

En statique, uniquement sous l'effet du poids de la masse, la table est déjà très fortement sollicitée.

Si la masse percute avec une vitesse de 14m/s, environ 50 km/h, la table sera "ruinée" ...

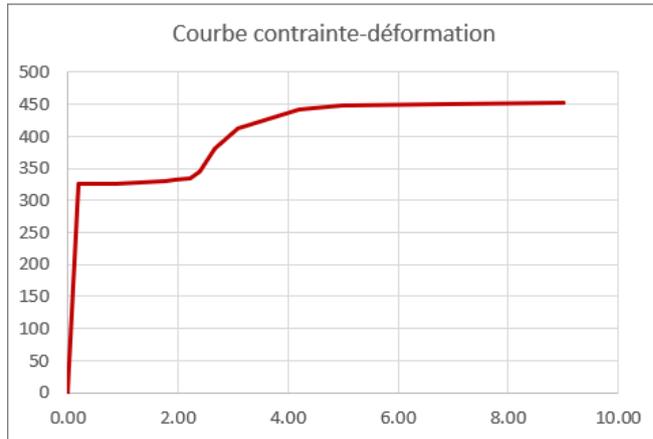
La simulation dynamique qui suit est traitée avec une vitesse initiale réduite à 2 m/s.



Simulation dynamique (non linéaire)

La vitesse initiale est fixée à 2 m/s, soit une hauteur de chute d'environ 0.2 m.

La loi contrainte/déformation du matériau utilisé est définie par une courbe :



Allongement relatif (%)	Contrainte (Mpa)
0.00	0.00
0.19	325.10
0.89	326.40
1.33	327.70
1.77	330.30
1.95	332.50
2.22	334.40
2.40	343.90
2.66	380.60
3.10	413.00
4.20	442.10
5.00	448.40
7.00	450.00
9.00	452.00

La limite élastique est de 325 MPa pour un allongement relatif de 0.19%, suivie par une zone de déformation plastique présentant un maxi de 452 MPa. L'allongement correspondant vaut 9%.

Modèle non amorti

Dans un premier temps, aucun amortissement n'est imposé au modèle. Ce qui fait que l'assemblage est sans dissipation d'énergie, hormis dans certaines zones où se produiraient des déformations permanentes du matériau. La table se comporte comme un trampoline, et la masse est renvoyée vers le haut avec une vitesse légèrement réduite par rapport à celle de l'instant initial (2 m/s)...

On observe de fortes oscillations de la tôle supérieure de la table (dans les angles notamment), du fait de l'absence d'amortissement.

Modèle amorti

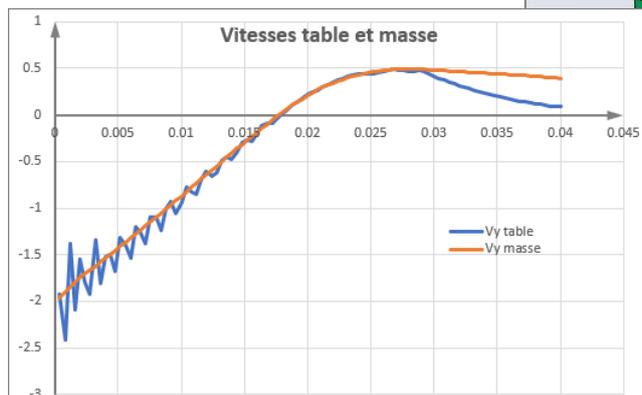
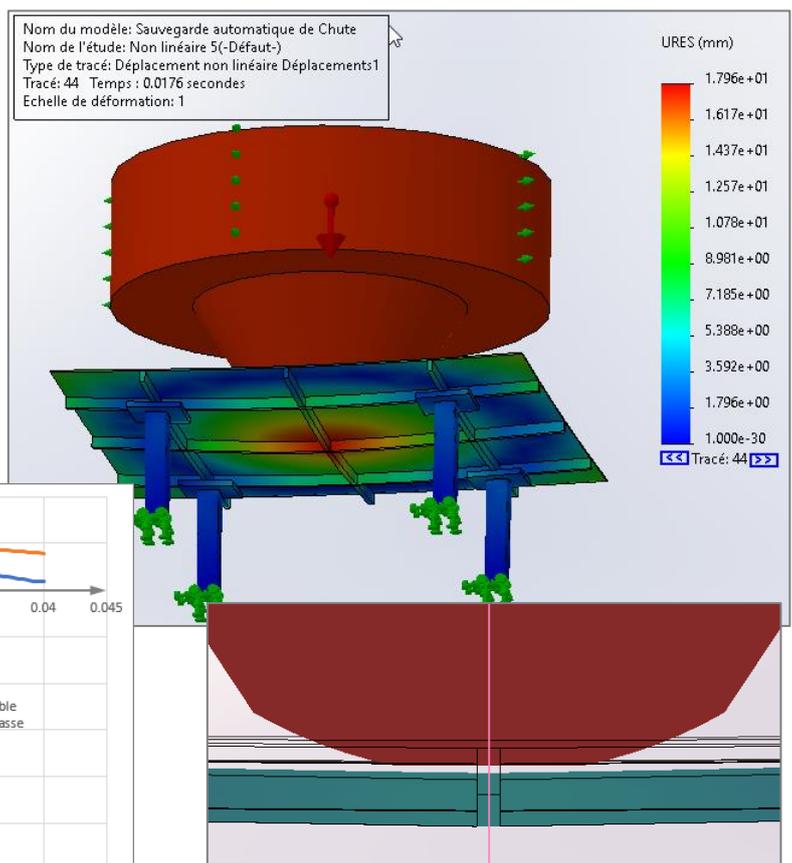
En introduisant de l'amortissement (modèle de Rayleigh), la convergence de la simulation est plus lente, mais le caractère oscillant de la tôle supérieure de la table disparaît.

La durée d'étude est fixée à 0.04 seconde. La valeur du pas de calcul est laissée aux bons soins de SolidWorks Simulation (mode automatique, 100 pas de calcul).

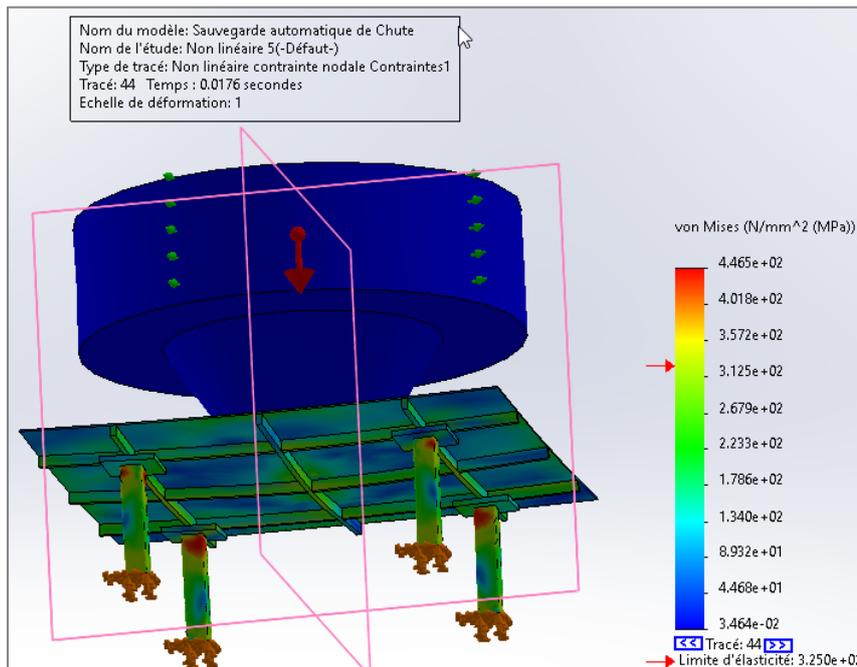
Déplacements, vitesses

A l'issue de la simulation :

- le déplacement du centre de la table est atteint après 0.018 s, avec une valeur de près de 18 mm, ordre de grandeur du déplacement permanent.
- La masse "rebondit" à la vitesse de 0.5 m/s
- En fin de simulation, le centre du plateau de la table remonte à la vitesse de 0.09 m/s. Il faudrait prolonger légèrement la simulation pour observer le retour à vitesse nulle de la table, et évaluer sa déformation permanente.



Contrainte de von Mises



La contrainte maxi atteint 448 MPa, largement supérieure à la limite élastique (325 MPa).

Les parties hautes des pieds et le centre de la table sont les zones les plus sollicitées.

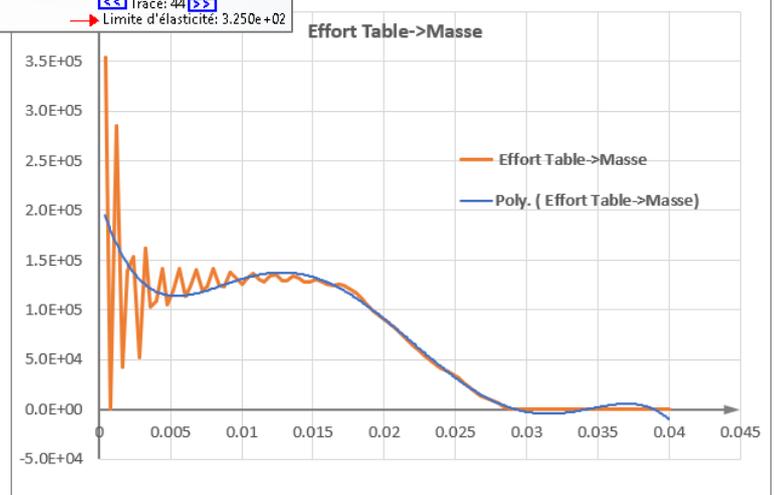
Avec une vitesse de 2 m/s, la table est à la limite de la rupture.

Effort de contact table->masse

Effort très "bruité" en début de courbe. Il faudrait réduire la valeur du pas dans cette partie de la simulation.

Valeur maxi de l'effort "lissé" : environ 195 kN, soit environ 18 fois le poids de la masse.

Avec une hauteur de chute de la masse de 10 m (V0 = 14 m/s), la table sera totalement aplatie !



Conclusions

Le matériau de type acier appliqué à la masse est clairement un mauvais modèle, du fait de sa grande rigidité.

Le minerai de fer est hétérogène, avec des zones fragiles qui vont provoquer des ruptures, locales dans la zone d'impact, ou plus globales sous l'effet des contraintes. D'où la dissipation d'une partie de l'énergie de la masse de chute.

Aucun matériau dans la base de données de SolidWorks ne correspond à cette situation.

Le support sur lequel est fixée la table (massif en béton, structure métallique ?) a peut-être un rôle à jouer dans la dissipation de l'énergie.

La simulation dynamique de SolidWorks est-elle pertinente compte tenu de ces critiques ?

Les paramètres de simulation (critères de convergence, pas de calcul, valeur de l'amortissement, finesse du maillage) sont-ils adaptés ?

Malgré ces faiblesses du modèle, la simulation montre que la structure "rigide" dissipe mal l'énergie et que la table ne sera pas en mesure de supporter les conditions de chocs imposées.

Une piste à creuser : interposer sous les pieds de la table des composants élastiques-amortis, capables de dissiper l'énergie considérable de près de 110 kJ. Leur rôle est d'allonger le temps de ralentissement, donc de réduire les efforts et les contraintes.

Est-ce compatible avec le CdC de la table ? Si oui, quelle course admissible, quels composants de liaison ?

Un renforcement du plateau de la table semble également nécessaire.

