

Traitement numérique des contacts entre solides déformables

Olivier PANTZ, CMAP, Ecole Polytechnique.

La simulation numérique des contacts entre divers solides déformables reste, malgré les nombreux travaux qu'elle a suscité, un problème très délicat en mécanique des milieux déformables. Le cas le plus simple consistant à considérer uniquement des contacts sans frottement dans un cadre statique n'a pas encore trouvé de traitement totalement satisfaisant, tant sur le plan numérique que théorique. Le but de notre exposé est de proposer une nouvelle approche et de présenter un algorithme robuste de prise en compte des contraintes de non interpénétrations entre solides déformables subissant de grandes déformations.

La grande majorité des travaux portant sur le sujet sont basés sur une formulation de type maître/esclave (voir [1]). Rappelons brièvement en quoi cette dernière consiste. Considérons deux solides déformables, de configuration de référence Ω_1 et Ω_2 , ouverts distincts de \mathbb{R}^n , de déformations $\varphi_i : \Omega_i \rightarrow \mathbb{R}^n$ ($n = 2$ ou 3). L'un des solide (par exemple Ω_1) est désigné comme solide maître et l'autre comme esclave. On introduit d_{φ_1} la distance signée à $\varphi_1(\partial\Omega_1)$, c'est à dire l'application de \mathbb{R}^n dans \mathbb{R} définie par

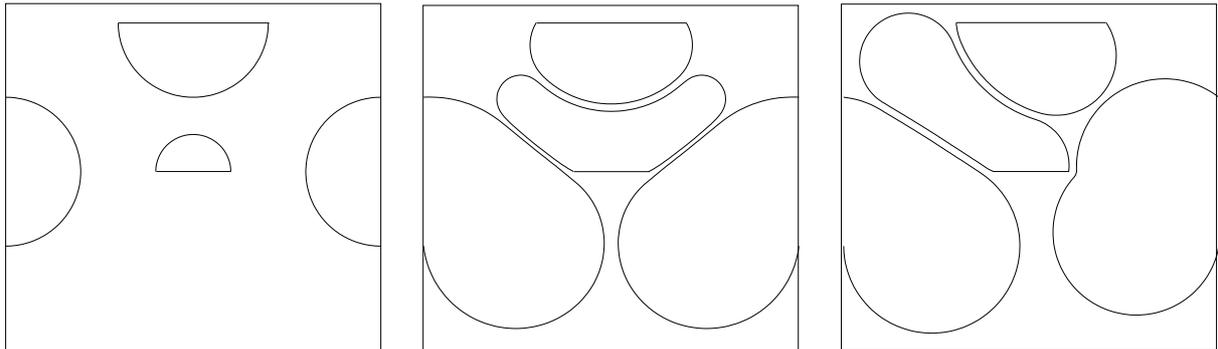
$$d_{\varphi_1}(x) = \begin{cases} \text{dist}(x, \varphi_1(\partial\Omega_1)) & \text{si } x \notin \varphi_1(\Omega_1) \\ -\text{dist}(x, \varphi_1(\partial\Omega_1)) & \text{si } x \in \varphi_1(\Omega_1) \end{cases}$$

Afin de prévenir le recouvrement des deux solides déformés $\varphi_1(\Omega_1)$ et $\varphi_2(\Omega_2)$, une contrainte est appliquée à tout élément du bord du solide esclave Ω_2 . Plus précisément, il s'agit d'imposer que la distance signée à $\varphi_1(\partial\Omega_1)$ de tout élément de $\varphi_2(\partial\Omega_2)$ reste positive:

$$d_{\varphi_1}(\varphi_2(x)) \geq 0 \text{ pour tout } x \in \partial\Omega_2. \quad (1)$$

Cette approche présente deux difficultés importantes. Tout d'abord, elle ne peut s'appliquer tel quelle ni au traitement des auto-contacts ($\Omega_1 = \Omega_2$ et $\varphi_1 = \varphi_2$) ni des structures minces ($\varphi_i : \Omega_i \rightarrow \mathbb{R}^n$ et Ω_i ouvert de \mathbb{R}^p avec $p < n$). Dans ces cas, les contraintes (1) sont vérifiées par toute déformation. Un second problème est lié à la non dérivabilité de la distance signée par rapport aux déformations φ_1, φ_2 . Cette non dérivabilité peut entraîner un phénomène, connu sous le nom de "chatter" (tremblotements), de non convergence des schémas numériques. Diverses stratégies ont été développées dans la littérature pour contourner ces écueils, sans pour autant remettre en question la formulation elle même.

La démarche que nous proposons s'écarte sensiblement de cette approche traditionnelle en s'inspirant plutôt de la méthode NSCD introduite par M. Jean et J.-J. Moreau [2] pour le traitement des contacts entre solides rigides. La figure ci-dessous constitue une application de notre méthode à des structures minces en dimension 2.



Références

- [1] LAURSEN, T.A., *Formulation and treatment of frictional contact problems using finite elements*, SUDAM Report, 1992.
- [2] JEAN, M., *The non-smooth contact dynamics method*, Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., 177 (235–257), 1999.

Olivier PANTZ – olivier.pantz@polytechnique.org
CMAP, Ecole Polytechnique, 91128 Palaiseau Cedex