







25-11-2011

<b>Action 3 projet MASSA</b> <b>Objectif 2, Mesure 2.2 du programme ALCOTRA 2007-2013</b>	
<b>Jeudi 24 Novembre 2011 – 9h30 -16h00</b> <b>Réunion intermédiaire à Courmayeur, Italie</b>	
<u><b>Partenaires Présents</b></u>	
<b>POLITO ;</b> Marina Pirulli 	<b>3S-R:</b> Dominique Daudon  Pascal Villard Vincent Richefeu
<u><b>Invités Présents</b></u>	
<b>ARGAM :</b> Marion Pierini 	<b>EPFL:</b> Vincent Labiouse  Marion Bost Claire Sauthier

### Ordre du jour

- |       |  |  |
|-------|--|--|
| 9.30  | Ouverture de la réunion<br>Modélisations des essais de laboratoire réalisés à l'EPFL<br>Modélisations numériques par fluide équivalent | V. LABIOUSE<br>Claire Sauthier<br>Marina Pirulli, Polito |
| 12.30 | Pause déjeuner   |  |
| 14.00 | Modélisation numérique par éléments discrets (3SR)<br>Comparaison et discussion des résultats  | Dominique Daudon   |
| 15.15 | Modélisations de la propagation des aléas identifiés sur le site de la Suche   |  |
| 15.45 | Présentation du Néron  |  |
| 16.00 | Fin de la réunion  |  |

Rédaction du PV: M. Pierini (ARGAM)

Validation du PV: V. Labiouse (EPFL)



Ensemble au-delà les frontières  
Insieme oltre i confini



FEDER  
Fonds Européens pour le Développement Régional  
FESR  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

25-11-2011

Vincent Labiouse introduit la séance en rappelant les points essentiels de la séance plénière du 29 Juin à Grenoble. Un extrait de la présentation de ce dernier comité de pilotage reprenant ces points est distribué.

Il introduit aux partenaires Marion Bost, de l'IFSTTAR, qui est actuellement en mission pour 6 mois au sein de l'EPFL. Dans le cadre de MASSA, Marion va travailler sur la modélisation numérique des essais ; il est prévu qu'elle utilise le programme 3DEC.

Il rappelle les différents essais réalisés à l'EPFL (transition brusque, courbe ; briques ordonnées, en vrac ; plan à 37,5°, 45° ; ...). Il précise que les modélisations en milieux continus qui ont été réalisées jusqu'à présent dans le cadre du projet MASSA ont porté sur des essais avec du gravier tandis que les modélisations par éléments discrets ont porté sur des essais avec des briques. Des ponts sont nécessaires entre les deux et la nécessité de travailler ensemble est rappelée.

Ce qui ressort des premières conclusions c'est que la géométrie du plan est un élément essentiel qui a une grande influence sur la propagation.

Pascal Villard précise que le partenaire 3SR n'aura pas le temps de tout faire dans le cadre du projet MASSA (fin du projet en Décembre 2012) : travailler sur le gravier, étudier le Néron, la Suche, ... Ils ont réussi à bien calibrer les paramètres sur les briques grâce à une étude poussée. Refaire cette étude sur du gravier est plus compliquée, le paramétrage est plus difficile du fait de la forme des grains de gravier. Actuellement le partenaire 3S-R place ses priorités sur :

- la rétro-analyse ;
- compléter les résultats.

Guilhem Mollon a terminé son doctorat et a donc quitté le Laboratoire 3SR ; le manque de personnel à temps plein sur le projet a été relevé.

Vincent Labiouse fait part, lui aussi de la nécessité d'avoir un(e) doctorant(e) qui travaille sur le projet au sein de l'EPFL. Une convention avec le Canton du Valais permettrait de débloquer les financements nécessaires et l'urgence de la signature de cette convention est mentionnée.

- **Présentations des résultats de chacun des partenaires (le résumé des présentations est disponible en fin de compte-rendu) :**

- 1) Claire Sauthier de l'EPFL
- 2) Marina Pirulli du Politecnico di Torino
- 3) Dominique Daudon du Laboratoire 3SR

- **Discussion autour du site de la Suche (Canton du Valais) :**

Marina Pirulli a commencé à travailler sur la Suche. Elle a rassemblé les 4 fichiers diffusés et s'est focalisée sur une zone. Elle a commencé une rétro-analyse de l'évènement historique, mais celui-ci n'est pas significatif des volumes instables actuels :

- historique : 100.000.000 m<sup>3</sup>
- actuel : V1 = 30.000m<sup>3</sup> et V2=280.000 m<sup>3</sup>



Ensemble au-delà les frontières  
Insieme oltre i confini



FEDER  
Fonds Européens pour le Développement Régional  
FESR  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

25-11-2011

Une première modélisation a été effectuée sur V2. Si possible, il faudrait plus de détails sur la zone de détachement. Marina souhaiterait obtenir le MNT source sous la forme d'un shapefile pour plus de précisions. Vincent Labiouse transmet un CD avec les données à disposition (sources CREALP, Mario Sartori et Swisstopo transmises avec l'accord de Jean-Daniel Rouiller dans le cadre du projet MASSA). Charge à Marina de trouver les fichiers / données nécessaires et de les transmettre aux partenaires de l'Action 3.

Vincent Labiouse mentionne le travail de Master réalisé par Suzanne Chadlinder sur la Suche. Elle avait réalisé une étude prédictive avec DAN3D, après une étude de calage sur l'évènement historique.

- **Discussion autour du site du Néron (Grenoble) :**

Le site de Néron se trouve à proximité de Grenoble, dans un site avec une géologie fréquemment rencontrée dans les Alpes, à savoir des calcaires surplombant des marnes → Il est intéressant d'arriver à déterminer les paramètres de modélisation pour ce site car ils pourront s'appliquer à de nombreux cas.

Un premier éboulement de 1000 m<sup>3</sup> environ a eu lieu en Août 2011, celui-ci a entraîné la déstabilisation d'une masse plus importante : 3000 m<sup>3</sup> environ. Le premier éboulement était surveillé via un système d'instrumentation qui a permis d'alerter la population. Des habitations se trouvant en contrebas, il est prévu de miner cette nouvelle masse instable dans la première quinzaine de Décembre 2011. Le Laboratoire 3SR souhaite prendre des photos et filmer le minage. Le problème vient du positionnement pour le film, il est obligatoire de se placer sur le versant en face et il risque d'y avoir beaucoup de poussières, d'où le risque d'une mauvaise visibilité. Les photos seront prises de 2 points de vue différents.

Le Laboratoire 3SR doit fournir toutes les informations sur ce site aux autres partenaires pour la réunion de Janvier. Denis Jongmans doit fournir aux partenaires de l'Action 3 le Lidar avant et après le minage de la masse du Néron.

- **Arbitrages :**

1) Travaux de l'EPFL :

- DAN 3D est globalement satisfaisant et prometteur : il semble que la valeur du paramètre rhéologique frictionnel ne doit être que peu adaptée à la topographie,
- Les tendances observées sont à confirmer pour d'autres configurations, notamment ce qui est observé pour de petits rayons de courbure,
- Etudes à mener également avec d'autres lois rhéologiques et avec le jeu de paramètres préconisés par MC Dougall.

2) Travaux du Polito :

- Il est proposé que Marina Pirulli continue de travailler sur les paramètres à mettre dans sa loi pour retrouver les résultats obtenus par 3SR.



Ensemble au-delà les frontières  
Insieme oltre i confini



FEDER  
Fonds Européens pour le Développement Régional  
FESR  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

25-11-2011

- On observe une influence physique et numérique lors de la transition brusque pour de petits rayons de courbure.
- Le Polito va poursuivre la comparaison des résultats entre modélisations avec coefficients de poussée isotropes et anisotropes.

### 3) Travaux du Laboratoire 3SR :

- Vérifier le plafonnement du runout pour des rayons de courbure supérieurs à 30 cm.
- Les corrélations expérimental/numérique n'étant pas parfaites, il est proposé d'étudier si le coefficient briques/support n'est pas trop fort
- La modélisation d'un lâcher de 20L de briques avec une transition angulaire ne correspond pas aux observations expérimentales. → retravailler à partir des données supplémentaires fournies par l'EPFL.

→ Encore beaucoup de travail à réaliser sur le caractère structuré, il est important de travailler ensemble.

→ Pascal Villard pense que les codes continus ont plus d'avenir auprès des entreprises que les codes en éléments discrets, car ils sont plus simples à manipuler.

→ D'ici au mois de Décembre 2012 il semble que tous les essais ne pourront être faits. Les partenaires souhaitent continuer à travailler ensemble à la fin du projet et une suite au projet MASSA est envisageable.

**Une réunion de travail de l'Action 3 est fixée le 25 Janvier à Turin, la veille du comité de pilotage du projet, dans l'après-midi. Il serait à cette occasion intéressant qu'un des partenaires de l'Action 2 soit présent.**

## • **Présentations des partenaires :**

### 1) Présentation de Claire Sauthier, qui a réalisé sa thèse au sein de l'EPFL

Claire présente les essais en laboratoire réalisés durant les 3 dernières années à l'EPFL à la suite des travaux d'Irène Manzella.

Modélisation physique :

- rappel du dispositif expérimental
- Utilisation des informations à disposition : travaux de Manzella. Réalisation d'essais avec un seul rayon de courbure ; une seule inclinaison du plan ; sur une surface lisse.

Les partenaires rappellent qu'il est difficile d'avoir un rayon de courbure précis, ici il est estimé entre 5 et 10 cm.

Ces essais ont récemment été complétés par les essais de Claire Sauthier qui a utilisé du gravier, des volumes de 20, 40 et 100 L, sur différentes hauteurs de chute et avec différents rayons de courbure.

4



Ensemble au-delà les frontières  
Insieme oltre i confini



FEDER  
Fonds Européens pour le Développement Régional  
FESR  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

25-11-2011

La méthodologie est rappelée. Il apparaît lors de la comparaison numérique/physique, que les paramètres de Mc Dougall ne sont pas adaptés, des différences morphologiques importantes sont observées. Les dépôts obtenus avec les paramètres Mc Dougall sont plus longs et moins larges que ceux obtenus en laboratoire. Il est nécessaire de caler le modèle avec de nouveaux jeux de valeurs sans raison évidente. Dans ce nouveau jeu de valeur,  $\phi = 22.9^\circ$  et  $D=1$ .

Les reproductions sont satisfaisantes avec un plan incliné de  $45^\circ$  et une transition courbe mais elles ne correspondent pas pour une transition angulaire. DAN 3D ne reproduit pas le front abrupt et prédit des dépôts avec une morphologie différente.

Claire précise qu'elle utilise une épaisseur de 2 mm pour tracer le contour de la masse à partir de la méthode des franges, ce qui est suffisamment représentatif (lié à la taille des grains).

Le Laboratoire 3SR propose de tester la modélisation avec des briques qui ne sont pas contraintes au départ pour voir ce que ça donne.

#### Variation du volume : 20, 40 et 100 L

La modélisation d'un essai de 100L reproduit assez bien la propagation du centre de gravité du dépôt. Par contre, peut-être suite au frottement du matériau dans la boîte, au départ du lâcher (la formation de 2 queues lors de la propagation est observée sur l'essai avec des briques), une différence de longueur de dépôt et de runout est notée.

#### Variation de la hauteur de lâcher :

Les essais ont été effectués pour des hauteurs de lâchers de 0,5 m, 1 m, 1,5 m et 2 m. Dans ces 2 derniers cas, les modélisations numériques sous-estiment la distance de propagation du centre de gravité ainsi que le runout. De meilleurs résultats sont obtenus en diminuant l'angle de frottement à la base  $\Phi'$  ( $\Phi'=21,6-21,7^\circ$ ).

#### Variation du rayon de courbure :

Les modélisations numériques fournissent de mauvais résultats pour des petits rayons de courbure ; les expériences montrent des runout plus longs. Cependant, il est à noter que les conditions expérimentales et numériques ne sont pas parfaitement identiques, la rugosité du plan ayant pu évoluer quelque peu au cours du temps (cf discussion à ce propos lors de la présentation de Marina).

Lorsque la valeur du rayon de courbure augmente, il est également nécessaire de modifier l'angle de frottement à la base pour mieux reproduire les essais, mais ceci dans une moindre mesure.

#### Variation de l'inclinaison du plan : $45^\circ$ et $37,5^\circ$

Dans les modélisations avec un plan incliné à  $37,5^\circ$  on n'obtient pas des ellipses uniformes, le dépôt s'étirant plus vers l'arrière.

#### Interprétations des résultats :

Une comparaison stricte des essais physiques et des modélisations numériques n'est pas aisée. Des variations dans les conditions expérimentales entre les essais d'Irene Manzella et de Claire Sauthier peuvent nécessiter des modifications dans les calages.

De plus, les essais en laboratoire ne mettent pas en avant l'influence du rayon de courbure sur le runout et la distance parcourue par le centre de gravité telle que constatée dans les



Ensemble au-delà les frontières  
Insieme oltre i confini



FEDER  
Fonds Européens pour le Développement Régional  
FESR  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

25-11-2011

modélisations numériques. Une influence marquée du rayon de courbure a par contre été notée expérimentalement sur quelques essais avec des briques structurées au départ.

Le Laboratoire 3SR relève la taille du rayon de courbure par rapport à la taille des briques ; dans les essais avec du sable, il se peut que la gamme de rayon de courbure testée ne permette pas de mettre en évidence son influence.

Vincent Labiouse précise que 4 lâchers de 10 L ou un lâcher de 40L ne donnent pas du tout les mêmes résultats. Le premier lâcher de 10 L modifie en effet la topographie et la rugosité de la zone de propagation, ce qui influence fortement la propagation des volumes suivants.

### Conclusions et perspectives :

- DAN 3D est globalement satisfaisant et prometteur : il semble que la valeur du paramètre rhéologique frictionnel ne doive être que peu adaptée à la topographie,
- Les tendances observées sont à confirmer pour d'autres configurations, notamment ce qui est observé pour de petits rayons de courbure,
- Etudes à mener également avec d'autres lois rhéologiques et le jeu de paramètres préconisés par MC Dougall.

### 2) Présentation de Marina Pirulli du Polito :

Elle rappelle les nouveaux paramètres utilisés dans le deuxième calage de DAN 3D :

Mc Dougall → EPFL

D= 200            D = 1

C=0,01            C=0,02

Elle soulève le problème de la question d'échelle qui pourrait être à l'origine de cette modification. Cependant les équations ne tiennent pas compte de l'échelle et cela ne devrait donc pas intervenir.

#### • **Rencontre avec Hutter au Polito :**

Durant les échanges Hutter fait mention des points suivants :

- **Changement/substitution de la surface initiale** pendant les campagnes expérimentales. En effet, la surface évolue au fur et à mesure des essais et du passage du matériau ; elle devient de plus en plus rugueuse. Ceci explique qu'une même valeur d'angle de frottement est difficile à conserver pendant toute une campagne expérimentale ; ce qui peut nécessiter une variation de valeur pour le calage. La variation maximale observée par Hutter est de 5°, ce qui est déjà très important.

Sur ce point, Claire Sauthier précise qu'elle a fait des tests de contrôle du matériau et de la surface de propagation régulièrement au cours de ses campagnes expérimentales. Il n'est pas apparu de variation significative au cours du temps et des lâchers. Cependant, elle explique qu'au début de sa thèse, lors des premières expériences, des différences ont pu être observées du fait de configurations expérimentales un peu différentes (e.g. mise en place de la masse différemment).



Ensemble au-delà les frontières  
Insieme oltre i confini



FEDER  
Fonds Européens pour le Développement Régional  
FESR  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

25-11-2011

- Dans les simulations avec les briques, la **grande anisotropie des éléments ainsi que leur agencement initial** est un problème qui se retrouve dans la simulation de cas réels, avec une masse qui va glisser initialement, puis se déstructurer et s'étaler dans toutes les directions. En continu : il est impossible de simuler un lâcher de briques structurées. Le cas déstructuré fonctionne par contre bien.

- Accélération centripète

Une accélération centripète a été introduite dans Rash3D. Marina Pirulli présente les 4 essais modélisés ainsi que leurs résultats (avec une hypothèse d'anisotropie des contraintes :  $k=1$ ) :

Accélération centripète = 0 →  $\Phi = 30,3^\circ$

Accélération centripète  $\neq 0$  →  $\Phi = 24,3^\circ$

- Etude de l'influence du rayon de courbure

L'influence du rayon de courbure change en fonction de l'inclinaison. Un angle de frottement à la base de  $24,3^\circ$ , proche de la valeur mesurée en laboratoire, est utilisé pour le calcul avec un rayon de courbure de 0.5 m. En diminuant la taille des mailles à 0,10 et 0,05 m, le runout converge vers une valeur comprise entre 1,2 et 1,40 m. Le Laboratoire 3SR propose des techniques différentes de maillage afin de réduire l'influence de celui-ci.

Une analyse paramétrique a été menée sur l'influence du rayon de courbure, Lorsque celui-ci tend vers 0, des problèmes numériques sont notés. **Pour les transitions avec un petit rayon de courbure, on observe des instabilités lors du calcul et des irrégularités dans les résultats** (e.g. dépôt asymétrique). Dominique Daudon rappelle que le choc est très important pour les petits rayons.

Claire Sauthier précise que les plaques subissent une légère déformation dans la zone de transition courbe lors des essais, mais que celle-ci est difficile à estimer. Les plaques de forex ne sont pas assez rigides.

**Vincent Labiouse conclut que, tant dans les modélisations physique que numériques, l'influence sur la propagation se marque pour des petits rayons de courbure de la zone de transition entre les plans incliné et horizontal.**

L'EPFL rappelle que les modélisations physiques avec des briques prévues initialement dans le projet MASSA n'ont pas encore été menées, personne n'ayant pu être engagé sur le projet à ce jour.

L'influence du rayon de courbure sur le runout et la distance parcourue par le centre de masse est comparable ; les résultats sont similaires.

- L'effet de choc :

Il est nécessaire de travailler ensemble : continu et discontinu. Le Polito propose d'introduire un effet de choc lorsque la topographie est discontinue, afin de modéliser la forte augmentation de dissipation d'énergie lors d'une telle transition brutale.

### Discussion :



Ensemble au-delà les frontières  
Insieme oltre i confini



FEDER  
Fonds Européens pour le Développement Régional  
FESR  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

25-11-2011

- Il est proposé que Marina Pirulli continue de travailler sur les paramètres à mettre dans sa loi pour retrouver les résultats obtenus par 3SR.
- Dans les calculs avec une transition brusque entre les plans incliné et horizontal, 3SR relève le fait que des particules restent coincées au niveau de la transition angulaire lorsque l'inclinaison du plan incliné est grande ( $> 60^\circ$ ). Ce phénomène n'a pas été observé expérimentalement pour de plus petites inclinaisons ( $< 45^\circ$ ).
- Le Polito va poursuivre la comparaison des résultats entre modélisations avec coefficients de poussée isotropes et anisotropes.

### 3) Présentation de Dominique Daudon, 3SR.

Dominique Daudon excuse l'étudiant du Laboratoire 3SR qui n'a malheureusement pas pu être présent à la réunion.

Rappel de la méthodologie :

- Courbure / anguleux
- 4 800 briques ordonnées
- Différents rayons de courbure : 5, 10, 20, 30, 40 cm

Il est rappelé que les briques sont un peu biaisées (environ  $2^\circ$  entre les plans) ; ce qui leur confère un caractère un peu désordonné même lorsqu'elles sont ordonnées (empilées) et ce qui correspond bien à l'expérimental.

Les résultats montrent des enveloppes dissymétriques du fait de l'exclusion par le logiciel de certaines briques dispersées. Marina Pirulli s'interroge sur les frottements briques/briques et briques/support utilisés dans les modélisations, les premiers semblant moins importants que les seconds. Les résultats numériques s'expliquent par un basculement de colonnes de briques empilées (du type fauchage) et sont cohérents avec les observations expérimentales faites au début de la propagation.

**On observe qu'à partir d'un rayon de courbure de 30 cm, la longueur du dépôt et le run-out (1,50-1,80 m) plafonnent.** → Il faut approfondir ce point avec l'étudiant du Laboratoire 3SR qui travaille sur le projet. Question soulevée : pourquoi 30 cm ?

On observe que, lorsque le rayon de courbure augmente, on a une augmentation des frottements briques/support et une diminution des autres dissipations d'énergie (dont les frottements brique/brique). Les différences s'observent au moment du choc en fonction du rayon de courbure appliqué.

Les corrélations expérimental/numérique ne sont pas parfaites. Il est supposé l'application d'un coefficient brique/support trop fort.

**Un problème est soulevé par le Laboratoire 3SR :** pour une transition angulaire entre les plans, l'essai de 20 L donne expérimentalement un runout plus long qu'en numérique alors que le même essai avec 40 L de matériau montre une bonne corrélation. Le Laboratoire 3SR souhaite obtenir les données expérimentales pour les essais avec 20 L de briques et une transition angulaire si elles existent.





Ensemble au-delà les frontières  
Insieme oltre i confini



FEDER  
Fonds Européens pour le Développement Régional  
FESR  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

25-11-2011

L'EPFL précise que les essais avec les briques ont été doublés mais pas triplés. De plus il est rappelé que ce sont des données d'essais réalisés il y a 3 ans. Pour confronter modélisations physique et numériques dans de meilleures conditions, il faudrait refaire des essais afin de bénéficier des derniers développements dans la technique de mesure.

Vincent Richefeu demande s'il serait possible d'obtenir des Snap Shot du film pour les aider dans leurs modélisations. Claire Sauthier propose de rechercher les données existantes et de les transmettre à 3SR.

Les différences entre résultats physique et numériques pourraient partiellement résulter de l'évolution des conditions expérimentales ; cependant il ne semble pas possible à Vincent Labiouse qu'elles puissent justifier l'écart substantiel constaté.

**Avec un grand rayon de courbure, la modélisation numérique de 3SR ne va pas aussi loin que l'expérimental : la modélisation rate un phénomène.** Ce phénomène pourrait provenir du caractère ordonné des briques au départ, les comparaisons entre briques en vrac et gravier montrant des résultats similaires. Les grosses différences s'observent pour des briques ordonnées.

**Les critères entraînant les plus importantes variations sont :**

- **transition courbe/anguleuse (une transition angulaire fait exploser la masse alors qu'avec une transition courbe la propagation reste très axiale)**
- **le caractère ordonné des briques au départ.**

### **Conclusions :**

Vincent Labiouse relève qu'il reste encore beaucoup de travail à réaliser sur l'influence du caractère structuré de la masse au départ. Il est nécessaire de faire des ponts entre les différents partenaires et d'avoir du personnel supplémentaire : 1 doctorant au sein de l'EPFL et un collaborateur au sein de 3SR permettraient d'avancer plus rapidement.

Pascal Villard pense que les codes continus ont plus d'avenir auprès des entreprises que les codes en éléments discrets, car ils sont plus simples à manipuler.

