



COMMISSION DE SUIVI ET D'INFORMATION
PROJET DE GÉOTHERMIE PROFONDE - HAUTE-SORNE

GÉOTHERMIE PROFONDE À HAUTE-SORNE



Commission de suivi et d'information (CSI)

9 octobre 2023

ORDRE DU JOUR

Invités: M. Guinchard, CERN/médias en fin de séance

-
- | | |
|---|------------|
| 1. Accueil et approbation de l'ordre du jour | 5' |
| 2. Adoption du procès-verbal de la séance du 4 septembre 2023 | 5' |
| 3. Informations du bureau et des membres de la CSI et debriefing de la séance du 4 septembre 2023 | 20' |
| 4. Présentation des travaux d'aménagement et de la campagne géophysique à venir et discussions | 15' |
| 5. Travaux de la CSI et concept de communication : préparation de la séance du 9 novembre 2023 | 25' |
| <i>Pause</i> | 15' |
| 6. Première information sur la thématique « Sismicité et instruments de haute-précision »
(en présence des industriels intéressés) | 60' |
| 7. Divers | 5' |
| 8. Conclusion | 5' |
-

Fin de la séance prévue à 19h15 suivie d'un apéritif, en marge duquel les médias locaux seront présents.

ACCUEIL ET APPROBATION DE L'ORDRE DU JOUR



Pascal Mahon, président de la CSI

ADOPTION DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 4 SEPTEMBRE 2023



Pascal Mahon, président de la CSI

INFORMATIONS DU BUREAU ET DES MEMBRES DE LA CSI ET DEBRIEFING DE LA SÉANCE DU 4 SEPTEMBRE 2023



Pascal Mahon, président de la CSI

Olivier Zingg, chef de projet Suisse romande,
Geo-Energie Suisse

INFORMATIONS DU BUREAU

<https://www.jura.ch/PLT/Interventions-parlementaires-deposees/Reponses-aux-questions-ecrites.html>.



Actualité

Sport

Émissions

Photos

Vidéos

Services

Rechercher...



🏠 • Actualité • Région

Un premier pas vers le vote consultatif dans les communes jurassiennes

Le Parlement jurassien a largement adopté ce mercredi une motion transformée en postulat qui permettra au Gouvernement d'étudier l'opportunité pour les communes d'organiser des votations consultatives

RFJ, 27.09.23

Propositions de dates pour les séances à venir (CSI, 1^{er} semestre 2024, 16h45-19h15)

- lundi 29 janvier
- lundi 11 mars
- lundi 29 avril
- lundi 17 juin

Nouveautés sur le site Internet

Actus

- Projet de géothermie profonde à Inwil (LU)
- Séance d'information du 9 novembre + page inscription

FAQ

- Question / l'eau
- Question / site pollué
- Question / forage

Autres

- Photos actualisées
- 12^{ème} réponse apportée
- Statistiques



Ziel der Bohrungen ist die Nutzung der natürlichen Erwärmer: Bohrstation im Vinzel, Kanton Waadt. Foto: Kyprian

Axpo-Tochter will in Luzern bohren

Strom aus dem Untergrund In der Gemeinde Inwil will das Energieunternehmen CKW ein Geothermiekraftwerk bauen. Der Bund begrüsst das Projekt – Überraschungen sind nicht ausgeschlossen.

Der Bund, le 27.09.23



COMMISSION DE SUIVI ET D'INFORMATION
PROJET DE GÉOTHERMIE PROFONDE – HAUTE-SORNE

[LA CSI](#) [QUESTIONS ET SUGGESTIONS](#) [CONTENU](#) [COMMUNIQUÉS / MÉDIAS](#) [LIENS UTILES](#) 



Statistiques d'utilisation du site

Le nombre d'utilisateurs ayant interagi avec votre site ou lancé votre application pour la première fois

Le pourcentage de sessions avec engagement (le nombre de sessions avec engagement divisé par le nombre de sessions).

La durée moyenne pendant laquelle l'application était exécutée en premier plan ou le site Web était dans l'onglet actif du navigateur.

Nombre de sessions ayant duré plus de 10 secondes, ayant enregistré un événement de conversion ou ayant enregistré au moins deux visionnages d'écran ou de page.

Groupe de canau...er utilisateur ▾ +		↓ Nouveaux utilisateurs	Sessions avec engagement	Taux d'engagement	Sessions avec engagement par utilisateur	Durée d'engagement moyenne
		939 100 % du total	1 381 100 % du total	68,88 % Égal à la moyenne	1,45 Égal à la moyenne	4 min 42 s Égal à la moyenne
1	Direct saisie directe d'URL de votre site ou lien redirigeant vers le site	553	934	66,81 %	1,66	5 min 23 s
2	Organic Search trafic qui provient des résultats naturels issus des moteurs de recherche (mots-clés)	201	262	76,83 %	1,30	4 min 30 s
3	Referral tout le trafic vers votre site web, qui a été généré grâce à des sites référents (hors réseaux sociaux)	118	144	74,23 %	1,22	3 min 37 s
4	Organic Social trafic vers votre site web généré par les réseaux sociaux	67	43	58,11 %	0,65	1 min 25 s

QUELLES PAGES ET QUELS ÉCRANS GÉNÈRENT LE PLUS DE VUES ?

Vues par Titre de la page et classe de l'écran



TITRE DE LA PAGE ET CLASSE DE L'ÉCRAN

VUES

CSI - Commission de Suivi et d'Information

2,5 k

FAQ

2 k

Vos questions

862

Événements

471

Glossaire

439

Séances de la CSI

392

Actualités

359

**Extrait de la loi
fédérale sur la
protection des
eaux (LEaux)**

Art. 31 Débit résiduel minimal

¹ Lorsque des prélèvements sont opérés dans des cours d'eau à débit permanent, le débit résiduel doit atteindre au moins:

Pour un débit Q_{347} inférieur ou égal à 60 l/s 50 l/s



 Le Tabeillon est un petit cours d'eau, son débit est parfois très faible à Glovelier, surtout durant la période estivale. Si un droit de concession était délivré à l'exploitant, lui serait-il alors possible de s'approvisionner en eau à tout moment de l'année ? Même si le débit n'est que de quelques litres par secondes ? -

La loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) et la loi cantonale sur la gestion des eaux (LGEaux) définissent le cadre pour l'utilisation de l'eau d'un cours d'eau en Suisse. Lors de prélèvements dans des cours d'eau à débit^(?) permanent, une certaine quantité d'eau, « le débit résiduel » doit être maintenu, afin de préserver un écosystème fonctionnel. Il existe ainsi un seuil inférieur en deçà duquel une interdiction de prélèvement serait appliquée. Celui-ci est fixé à 50 l/s.

Ainsi, si un droit de concession était délivré à l'exploitant pour un approvisionnement en eau dans une rivière présentant un débit^(?) résiduel inférieur ou égal à 50 l/s, il ne lui serait possible de prélever de l'eau que lorsque cette valeur seuil serait dépassée. Le débit résiduel du Tabeillon reste à définir, tout comme la valeur seuil qui serait établie dans le cadre de la demande d'autorisation. Elle ne sera pas inférieure à 50 l/s.

 **Sur le géoportail cantonal, on peut voir dans la couche « Géologie » que les forages pour sondes géothermiques ne sont autorisés sur le site que jusqu'à 70 m de profondeur. Un forage à 5 kilomètres de profondeur n'est-il pas plus profond qu'un forage à 70 m ?**

La couche d'information « limitation des forages pour sondes géothermiques » disponible sur le [géoportail](#) ne concerne que les projets de sondes géothermiques. Historiquement, afin de présenter un rapport coût/efficacité intéressant, des entreprises ont développé des techniques de forage très rapides pour installer, parfois en une seule journée, des sondes géothermiques jusqu'à plus de 100 m voire 200 m de profondeur. Ces techniques ont permis de démocratiser les sondes géothermiques, que l'on compte en Suisse par dizaines de milliers. Cependant, une étanchéité parfaite de ces ouvrages n'est pas toujours assurée. C'est pourquoi les autorités cantonales veillent à ne pas les autoriser dans les secteurs où un défaut d'étanchéité pourrait nuire à la qualité des eaux souterraines.

Dans le projet de géothermie profonde de Haute Sorne, chaque forage et son équipement coûtera au minimum 10 millions de francs, soit un ordre de grandeur de 2'000 francs par mètre linéaire. Ce budget permet de multiplier les étanchéités dans l'ouvrage et de contrôler sa bienfaisance avec les techniques les plus avancées. Cela n'est pas possible pour les sondes géothermiques dont le budget de réalisation est inférieur à 100 francs par mètre foré et équipé.

Des informations complémentaires sont disponibles sur la page [Géothermie](#) de l'Office cantonal de l'environnement ainsi que dans le document de [suisseénergie](#) « Géothermie en Suisse – Une source d'énergie polyvalente ».

Protocoles de fissures – état à fin septembre 2023

Protocoles de fissures individuels sur requête

- Env. 2700 conventions envoyées et 1485 conventions retournées (55%). Cela représente plus de 1700 bâtiments.
- Relevés de Bécourt et Glovelier quasiment achevés. Bassecourt sera entièrement relevé d'ici fin décembre 2023. Plus de 40% des rapports envoyés aux propriétaires.
- Le solde de Boécourt et Glovelier, ainsi que les localités restantes seront effectuées entre janvier et mars 2024.
- Les relevés intérieurs (en cas de nécessité, comme en présence d'une isolation périphérique complète) seront également effectués entre janvier et mars 2024.

Autres protocoles de fissures dans le cadre de l'établissement de preuves

- Bâtiments représentatifs (Procédure d'évaluation par analogie des biens) → liste en cours d'élaboration.
- Bâtiments présentant une « sensibilité accrue et une grande valeur » → liste élaborée par le Canton (Office de la culture) sur la base du Répertoire des biens culturels (RBC).

PRÉSENTATION DES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT ET DE LA CAMPAGNE GÉOPHYSIQUE À VENIR ET DISCUSSIONS



Olivier Zingg, chef de projet Suisse romande,
Geo-Energie Suisse

Peter Meier, PDG, Geo-Energie Suisse

Début des travaux de construction de la place de forage

- ❑ Début des travaux prévu d'ici la fin du mois selon le calendrier actuel. Un communiqué de presse sera publié avant le début du chantier.
- ❑ Chantier classique et horaires de travail usuels. Durée des travaux prévue jusqu'à fin mars 2024. Premiers travaux: décapage des sols selon les prescriptions en vigueur et remblayage.
- ❑ Aménagement horaires / itinéraires des camions par rapport aux écoles à mettre en place.
- ❑ Chantier limité aux besoins de la phase d'exploration → limiter l'impact du chantier et faciliter la remise en état en cas d'abandon du projet.
- ❑ Suivi environnemental de réalisation (SER) pour vérifier le respect des prescriptions en matière de protection de l'environnement.



Exemple d'un site de forage géothermique: la CSI en visite à Vinzel (VD) au mois de mars 2023.

Campagnes géophysiques réalisées et à venir

1. Campagne de sismique «hybride» (24 – 28 juillet 2023)

- Donner une image plus précise du sous-sol autour du futur forage d'exploration. Mettre en évidence des particularités à prendre en considération dans la planification et l'exécution du forage, comme la présence de failles ou de karst.
- Les données sont de bonne qualité. Elles sont actuellement en cours d'analyse.

2. Campagne de sismique réflexion 2D régionale (avec camion vibreurs)

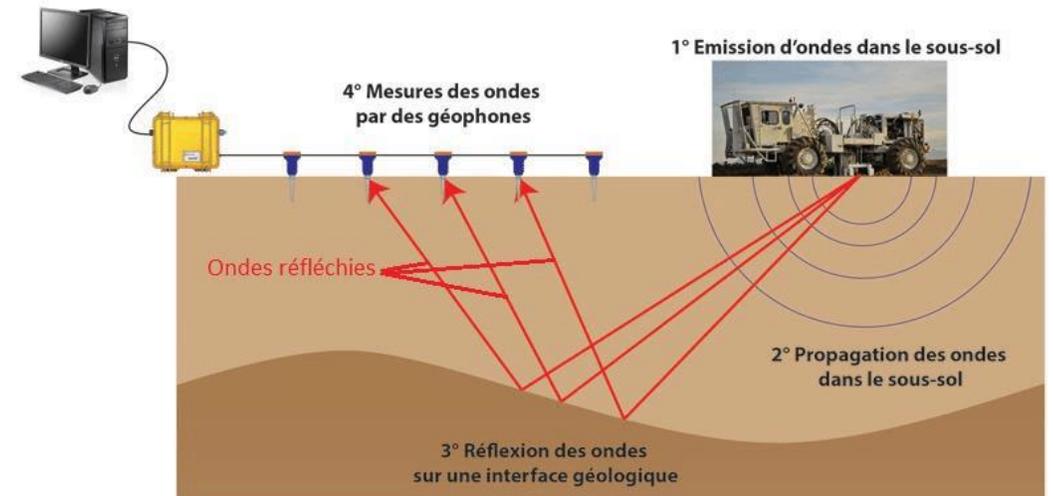
- Explorer le sous-sol de la région le long de quatre profils sur une distance totale de 50 kilomètres. Affiner la connaissance des grandes structures du sous-sol, compléter les données existantes. On cherche en particulier à confirmer l'absence de grandes zones de failles qui pourraient présenter un risque sismique à proximité du réservoir géothermique.
- Les riverains recevront au préalable une information détaillée sur le déroulé et les horaires de la campagne de mesures. Avant la fin de l'année selon le planning actuel.

3. Campagne de sismique réflexion et « tomographie » sismique 3D

- A la suite et sur la base de la campagne 2D
- Affiner les connaissances et réduire encore les risques

Mise en œuvre de la campagne de sismique réflexion 2D

- Dans un premier temps, des récepteurs ou géophones sont disposés à intervalle régulier le long du tracé des profiles qui seront ensuite parcourus par des camions vibreurs
- Cette campagne d'acquisition de données durera une à deux semaines.
- Les travaux de mesures géophysiques peuvent être comparés à un chantier mobile composé de deux camions vibreurs et d'une régulation de trafic. Ils peuvent avoir de jour ou de nuit.
- Des opérateurs surveilleront l'amplitude des vibrations pour s'assurer qu'elles respectent les normes en vigueur et ne causent aucun dommage aux bâtiments riverains.



Calendrier de la phase d'exploration à fin septembre 2023

Projet de géothermie de Haute-Sorne Phase d'exploration Etat de la planification au 28 septembre 2023		2023												2024																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12									
Site de forage																																		
	planification, adjudications, travaux préparatoires	■																																
	construction										■			■																				
Suivi environnemental																																		
	planification, travaux préparatoires	■																																
	mise en œuvre durant la construction et le forage										■																							
Monitoring sismique (réseau de surface)																																		
	planification - autorisations	■																																
	construction											■																						
	exploitation (stations provisoires et définitives)					■																												
Risque sismique																																		
	Evaluation continue du risque avec nouvelles données	y.c. Bedretto, FORGE																																
Etablissement des preuves																																		
	planification, travaux préparatoires	■																																
	mise en œuvre systématique protocoles individuels						■							■																				
	mise en œuvre bâtiments représentatifs / RBC / industrie										■			■																				
Géophysique																																		
	Tests instruments monitoring	■						■																										
	Sismique hybride (chute-de-poids, acquisition 4 jours)							■																										
	Sismique 2D (vibrosismique, acquisition 2-3 s)											■																						
	Sismique 3D (vibrosismique, acquisition 3-4 s)													■																				
	Sismique passive (ANT avec Uni GE, planification)													■																				
	Sismique passive (ANT avec Uni GE, acquisition 1 m)													■																				
	Interprétation et intégration des résultats									■																								
Forage d'exploration																																		
	planification	■																																
	forage													■			■																	
	tests de stimulation																									■								

TRAVAUX DE LA CSI ET CONCEPT DE COMMUNICATION : PRÉPARATION DE LA SÉANCE DU 9 NOVEMBRE 2023



Pascal Mahon, président de la CSI

Réunion de la CSI

09

nov.

📍 Bassecourt

🕒 09.11.2023 09:19

Programme détaillé

19h00 Ouverture

Pascal Mahon, Président de la CSI

19h20 Présentation du projet et de son calendrier

Olivier Zingg, Chef de projet, Geo-Energie Suisse AG

19h35 Le rôle des autorités cantonales : exemple du risque sismique

Sylvain Rigaud, Chef de projet pour le projet de géothermie profonde, Canton du Jura

19h45 Les besoins en eau du projet : cadre réglementaire

Jean Fernex, Collaborateur scientifique, Office de l'environnement et

Didier Luginbühl, Chef de service, Commune de Haute-Sorne

19h55 Présentation du résultat du groupe de travail des membres de la CSI

3 membres de la CSI

20h05 Questions et discussion première partie

20h20 Les grandes étapes d'un forage exploratoire, de sa réalisation à son abandon : sûreté et intégrité de puits.

M. Vincent Geyl, Expert en régulation de forage et sûreté et intégrité de puits, Quartic Advisory

20h55 Les tremblements de terre : échelle de magnitude, risques et mesures de prévention

Dr Philippe Roth, Spécialiste en sismologie et risques sismiques, Service sismologique suisse

21h20 Echanges et discussions

Pour des questions d'organisation et de logistique, nous vous serions reconnaissants, si vous entendez prendre part à la séance, d'annoncer votre présence en cliquant ici :

[JE PARTICIPE](#)

+ proposition de préparer 4-5 fiches thématiques qui seront disponibles à l'entrée

Thèmes envisagés :

- Rôle des différents acteurs
- Structure du projet / risque sismique
- Intégralité du programme d'établissement des preuves
- Gestion de l'eau: besoins du projet et approvisionnement
- Mesures de protection contre le bruit

Groupes de travail

3 groupes de travail

15 min

1 sujet à choix parmi ceux-là :

- Les 5 atouts du projet
- Les 5 enjeux/défis du projet
- Les 5 travaux que vous souhaitez entreprendre / approfondir lors des prochaines séances de la CSI

Groupes de travail – Exemples du Bureau

Atouts

- Energie versatile (électricité + chauffage)
- Energie en ruban, continue et prévisible 24h/24, indépendamment de la météo

Groupes de travail – Exemples du Bureau

Enjeux / défis du projet

- Incertitude vis-à-vis de la faisabilité du projet et de sa capacité de production d'énergie
- Risque sismique présent

Groupes de travail – Exemples du Bureau

Idées de travaux à réaliser / poursuivre

- Transport des déchets : les membres de la CSI pourraient contribuer à la définition des itinéraires et horaires les moins contraignants pour les passages des camions (aspect sécuritaire)
- Distribution de chaleur : les membres de la CSI pourraient planifier les termes de la distribution de chaleur (en cas de réussite du projet ou d'échec partiel)

PAUSE DE 15 MINUTES



PREMIÈRE INFORMATION SUR LA THÉMATIQUE
«SISMICITÉ ET INSTRUMENTS DE HAUTE-PRÉCISION»
EN PRÉSENCE DES INDUSTRIELS INTÉRESSÉS

Michael Guinchard, responsable du laboratoire
de mesures mécaniques, CERN



Sismicité et instruments de haute précision : l'expérience du CERN

Michael Guinchard - CERN
Delémont – 9 octobre 2023

Outline

The background of the slide is a photograph of a particle accelerator tunnel. The tunnel is long and narrow, with a series of large, cylindrical, blue and white components (likely superconducting magnets) arranged in a row along the length of the tunnel. The ceiling is high and has a grid of lights. The overall lighting is dim, with some blue and white highlights from the machinery.

- CERN et nos installations
- Les sollicitations vibratoires
- Notre approche
- Conclusion

CERN

- Fondé en 1954 avec 12 Pays
- 22 Pays Membres en 2019

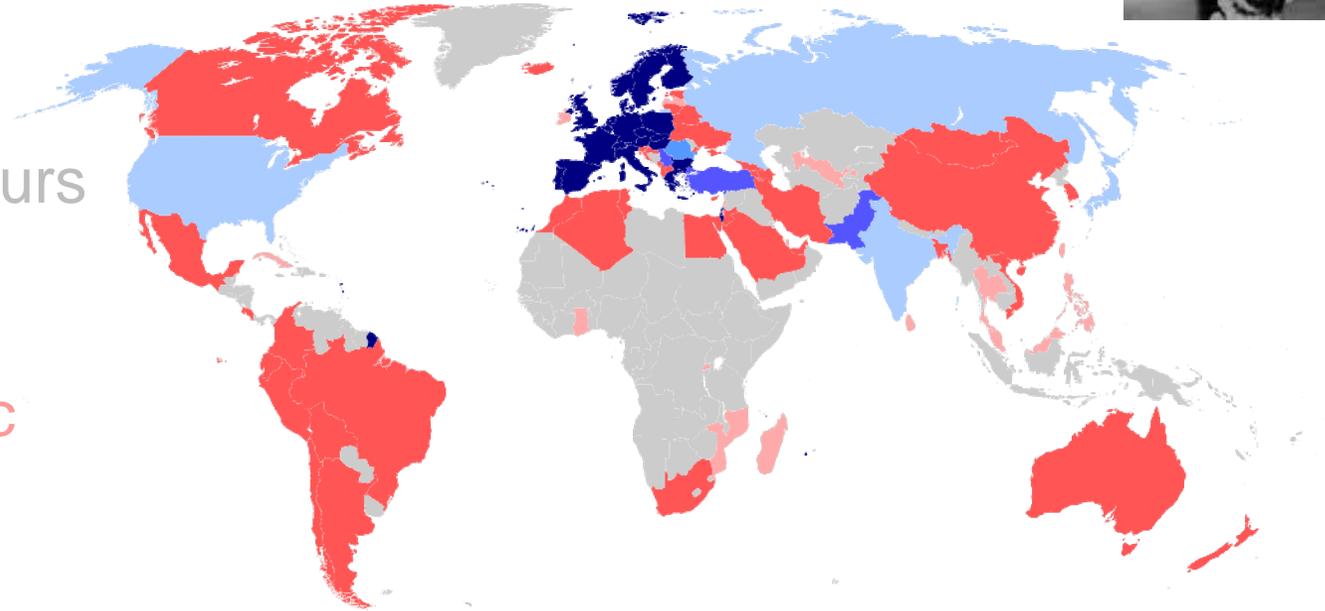
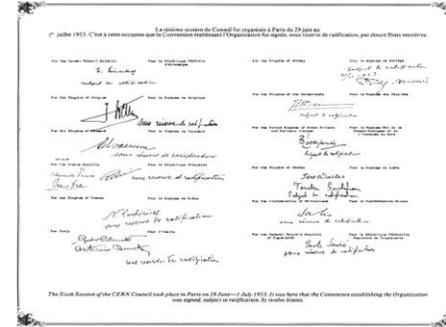
6 Pays Associés

1 Candidat

5 Pays Observateurs

Cooperation

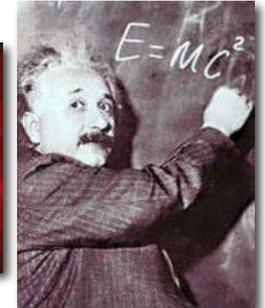
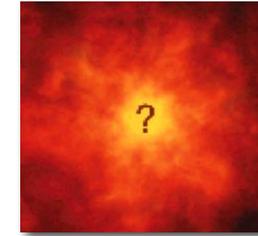
Contacts Scientific



Les missions du CERN

- **Repousser les frontières de la connaissance**

Quels sont les secrets du Big Bang ? Quel était l'état de la matière quelques instants après la création de l'Univers ? D'où venons-nous ? De quoi sommes-nous faits ?



- **Développer des nouvelles technologies pour les accélérateurs et les détecteurs**

Technologie de l'information (Web, Grille de calcul), Médecine (Diagnostic, Thérapie), etc...



- **Former les scientifiques et ingénieurs de demain**

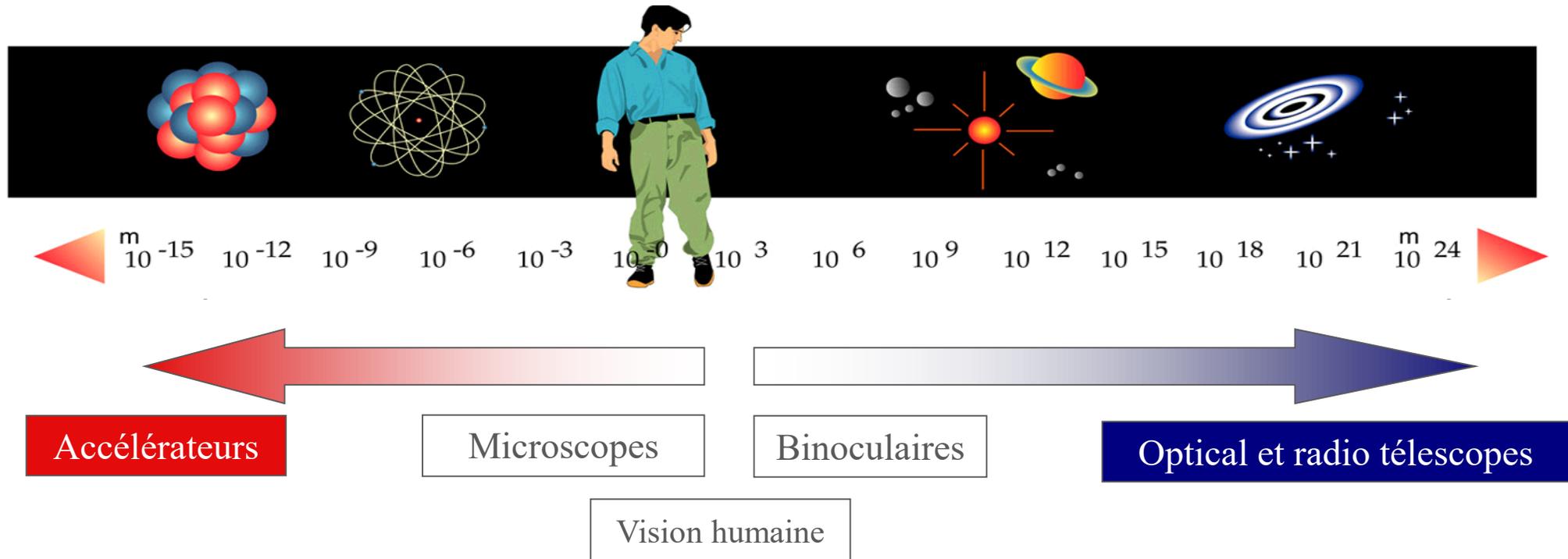


- **Uniter des peuples et des cultures**

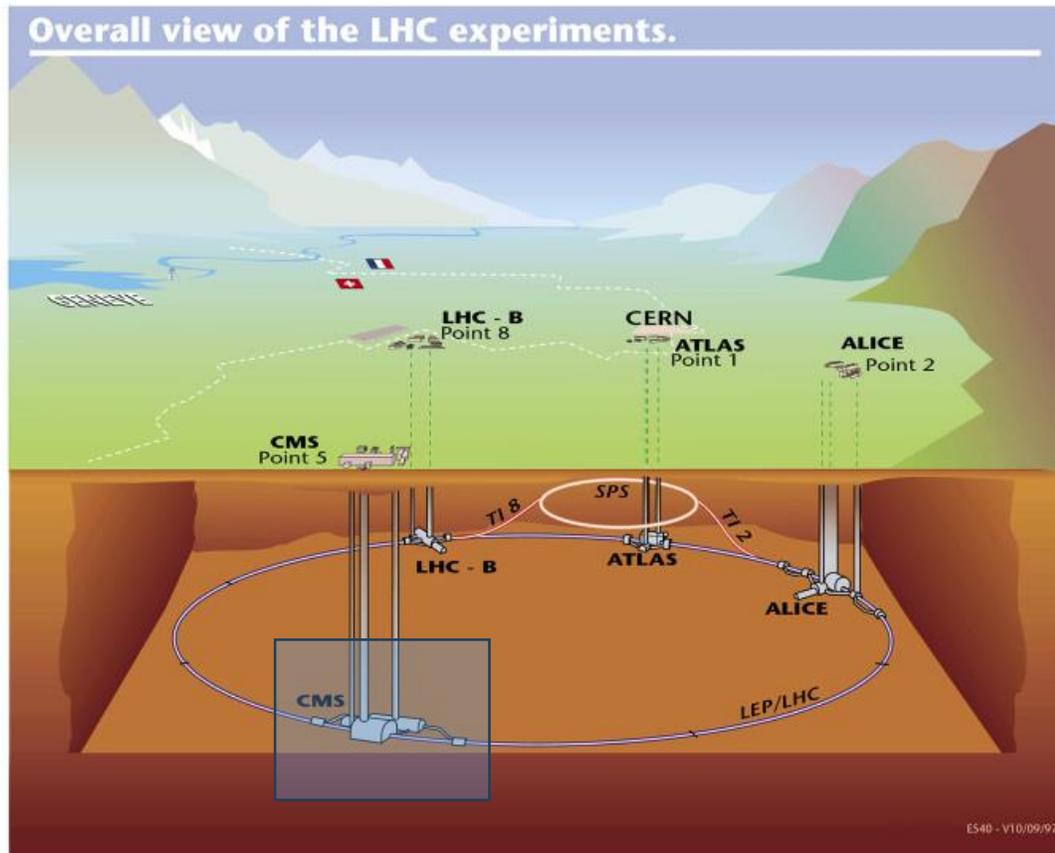


Les missions du CERN

Les physiciens étudient la matière dans sa plus petite dimension avec des accélérateurs de particules.

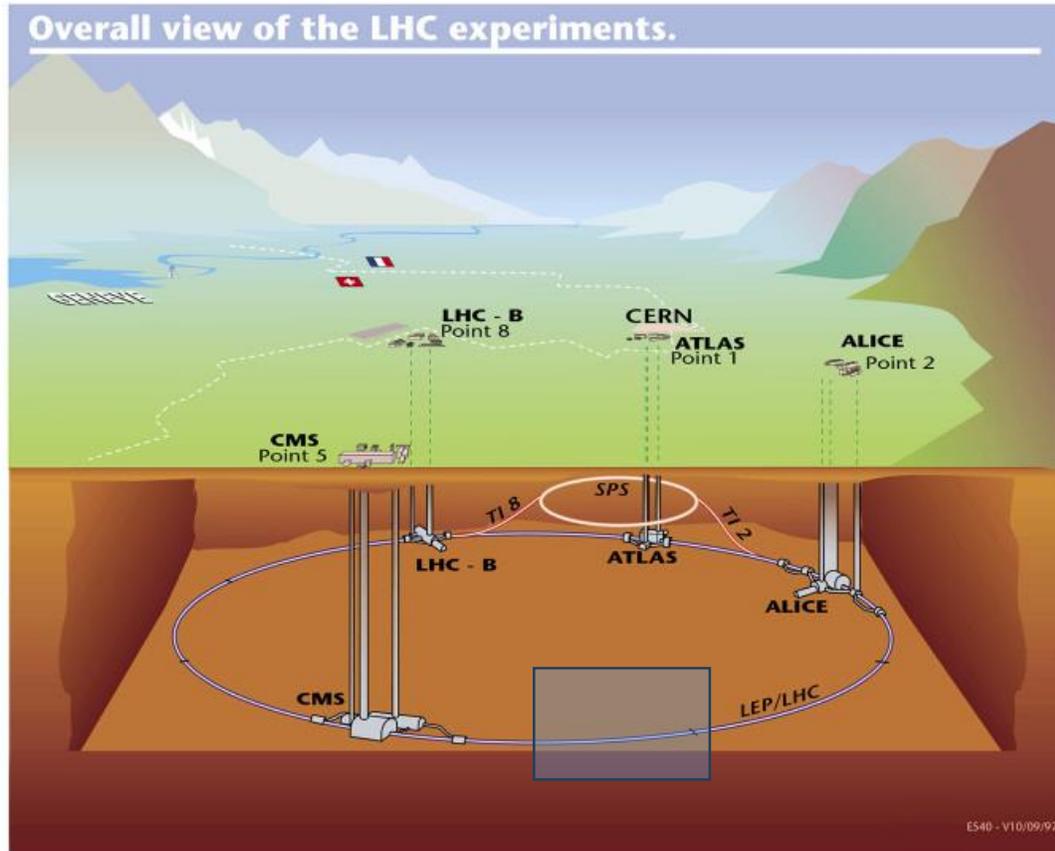


Le Large Hadron Collider (LHC)



Longueur : 27 km / Diamètre : 15 m
Poids : 14 000 tonnes

Le Large Hadron Collider (LHC)

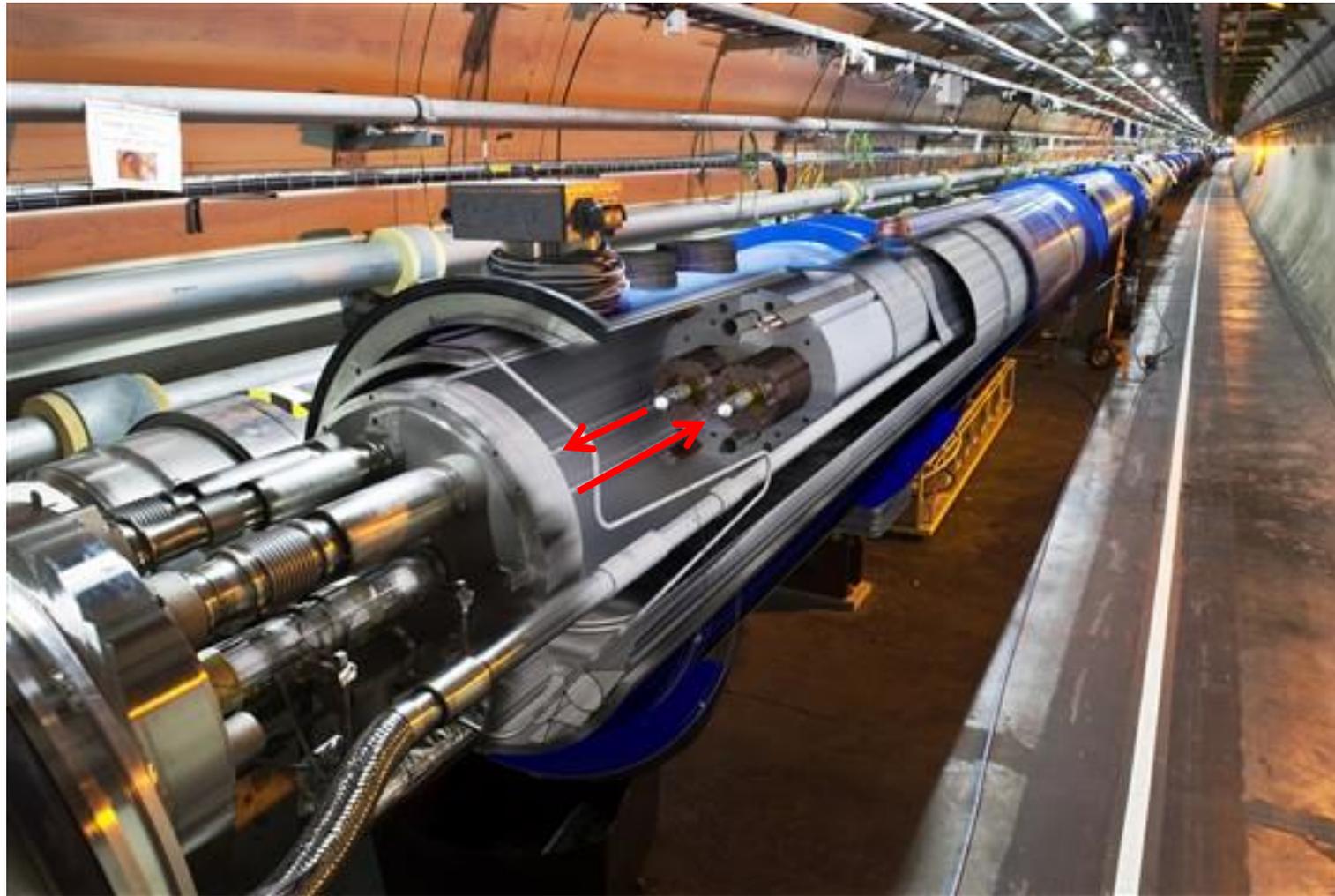


Le tunnel du LHC



Longueur du tunnel : 26.7 km
Diamètre du tunnel : 3.5 m
Profondeur : 50 à 140m

Le Large Hadron Collider (LHC)



1752 Aimants
supraconducteurs

Energie par faisceau:
6,8 TeV

Energie stockée:
420 MJ

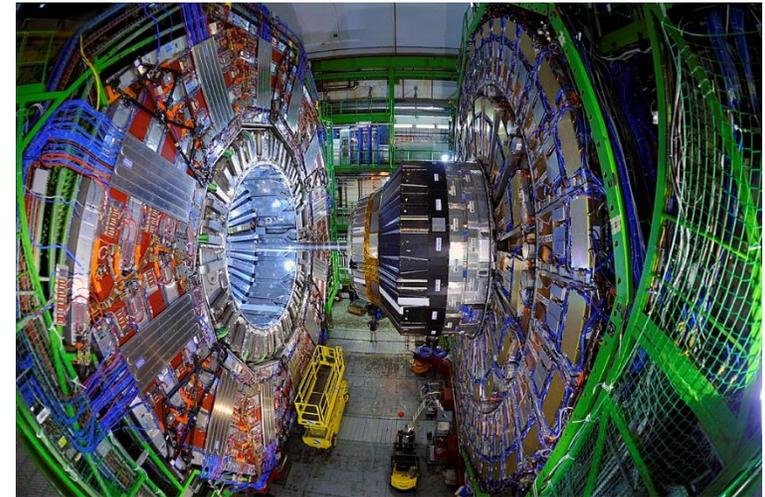
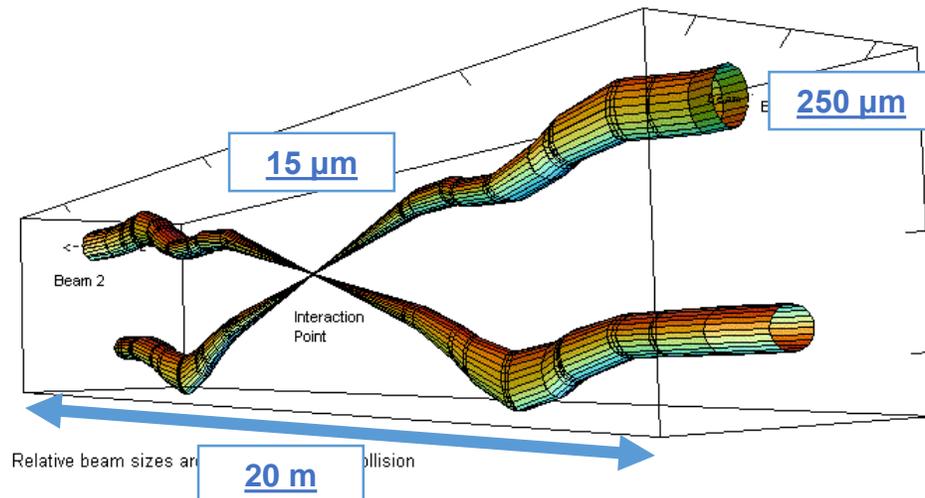
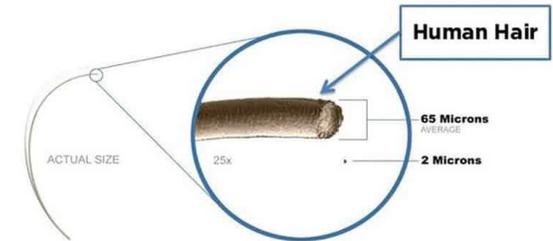


420 MJ corresponds environ à
un train de 250m de long
circulant à 160 km/h

Le Large Hadron Collider (LHC)

- **Taille des faisceaux en opération:**

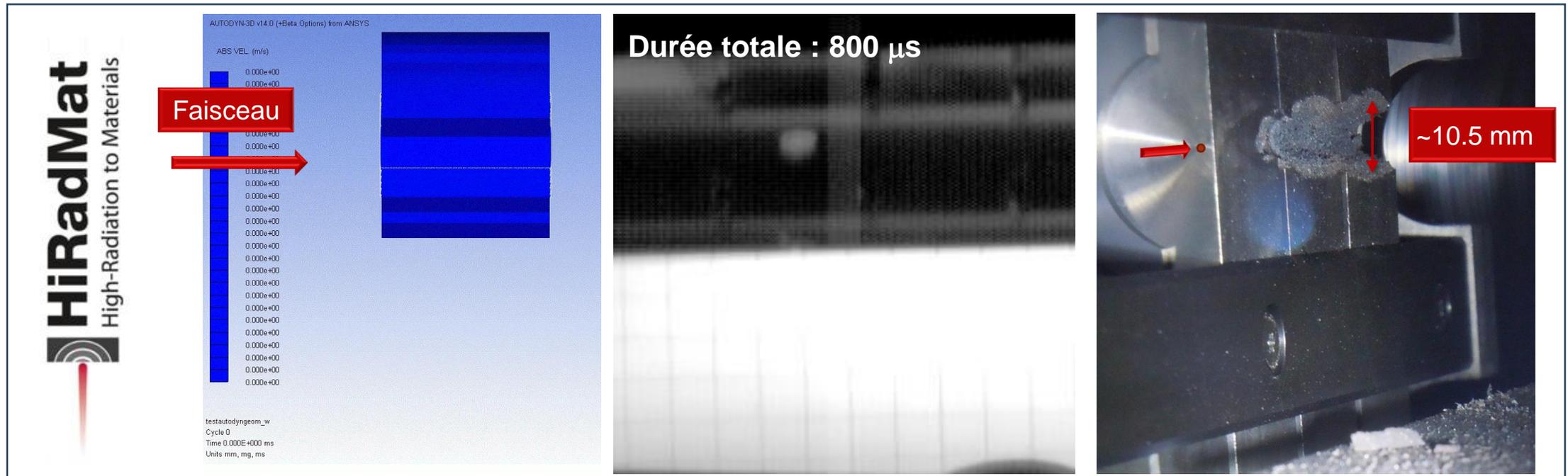
- Environ $250\ \mu\text{m}$ à l'énergie nominale dans le LHC ;
- **$15\ \mu\text{m}$** aux points de collisions ;
- Un train de 2800 wagons dans le LHC circulant quasiment à la vitesse de la lumière ;
- Chaque wagon contient 1.6×10^{11} protons;
- **600 Millions de collisions par seconde** dans chaque détecteur.



Le Large Hadron Collider (LHC)

- Exigences vibratoires en opération du LHC :

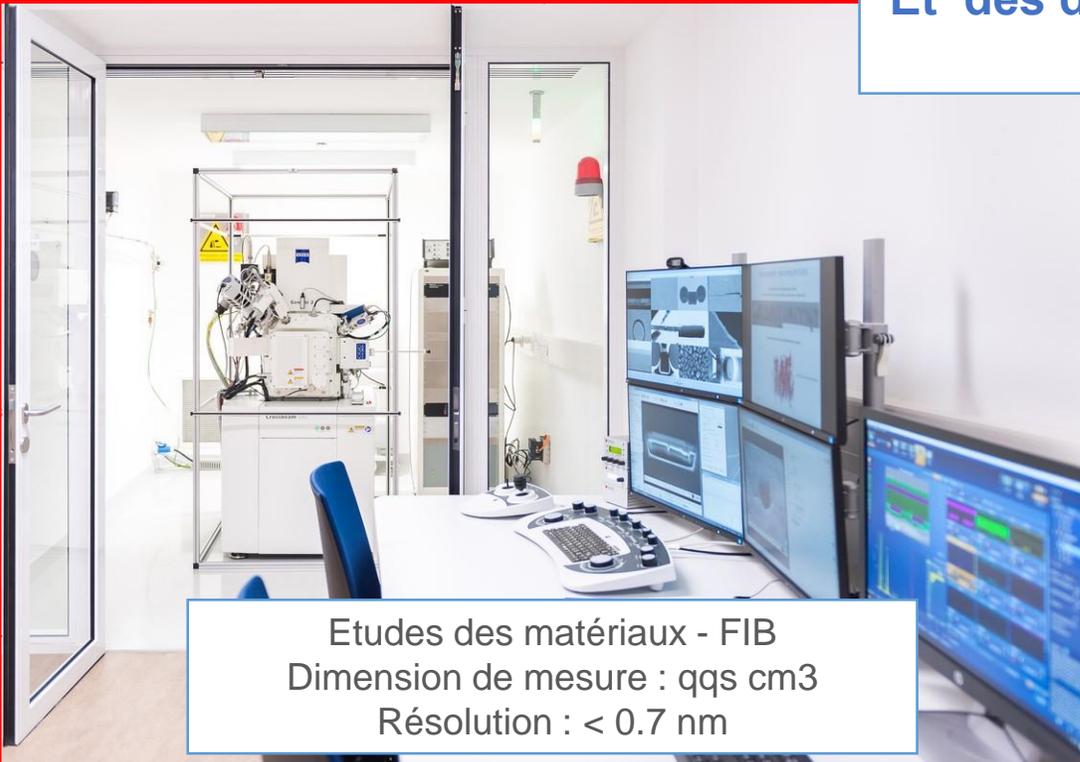
- Conditions **normales** : Oscillation du faisceau inférieure à **5 μm**
- Conditions **instables** : Oscillation du faisceau entre **5 μm et 20 μm**
- **Arrêt** du LHC : Oscillation du faisceau **au-delà de 20 μm**



Autres équipements sensibles



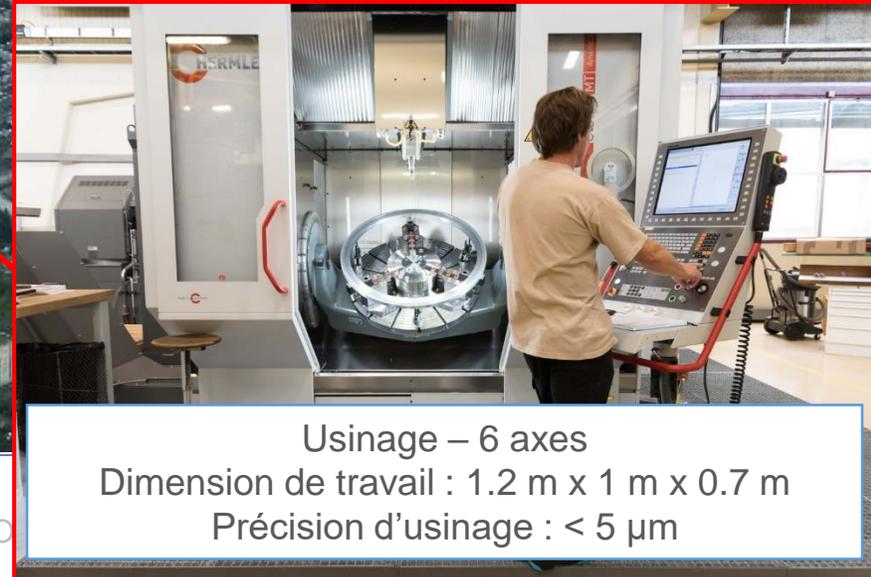
Et des dizaines d'autres équipements aussi sensibles.....



Etudes des matériaux - FIB
Dimension de mesure : qqs cm³
Résolution : < 0.7 nm



Michael Guinchard, CERN - 9 O



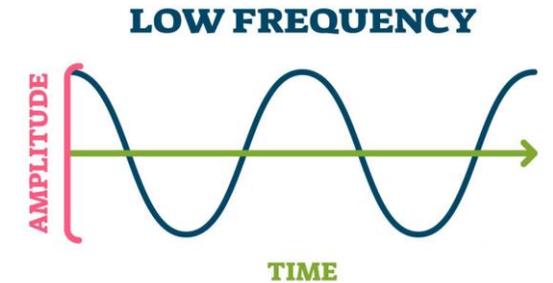
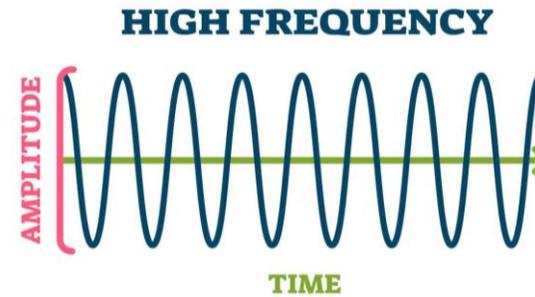
Usinage – 6 axes
Dimension de travail : 1.2 m x 1 m x 0.7 m
Précision d'usinage : < 5 µm

Les sollicitations vibratoires

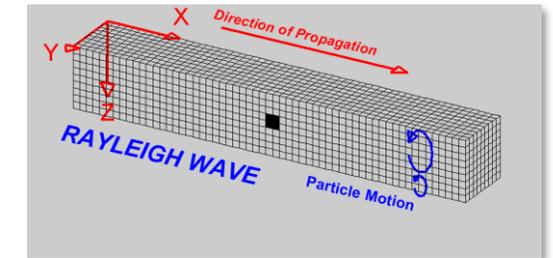
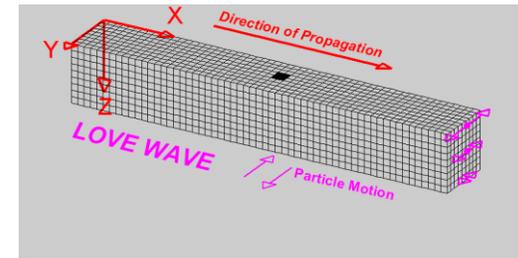
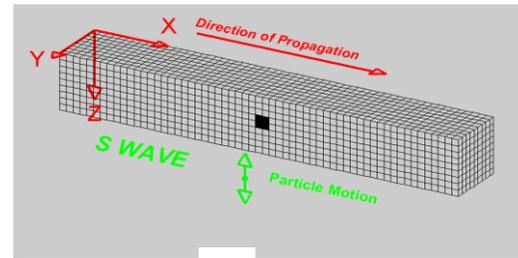
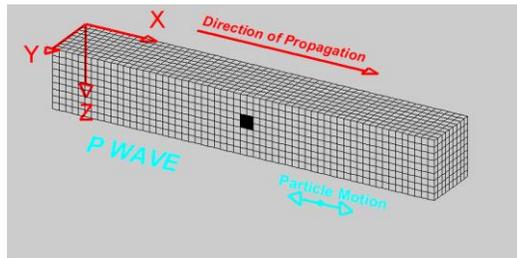


Les vibrations...

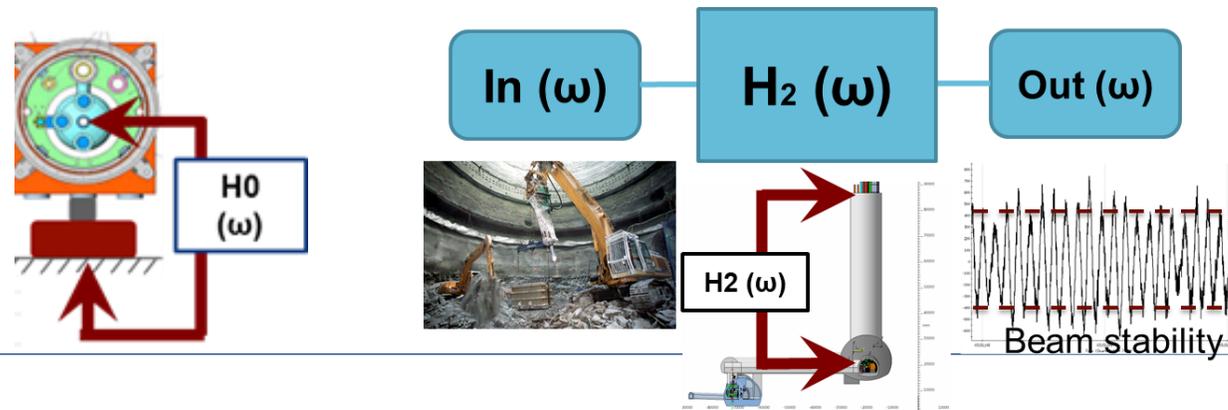
- Caractéristiques des ondes vibratoires (Amplitude, Fréquence) :



- Plusieurs types de propagation dans les sols :

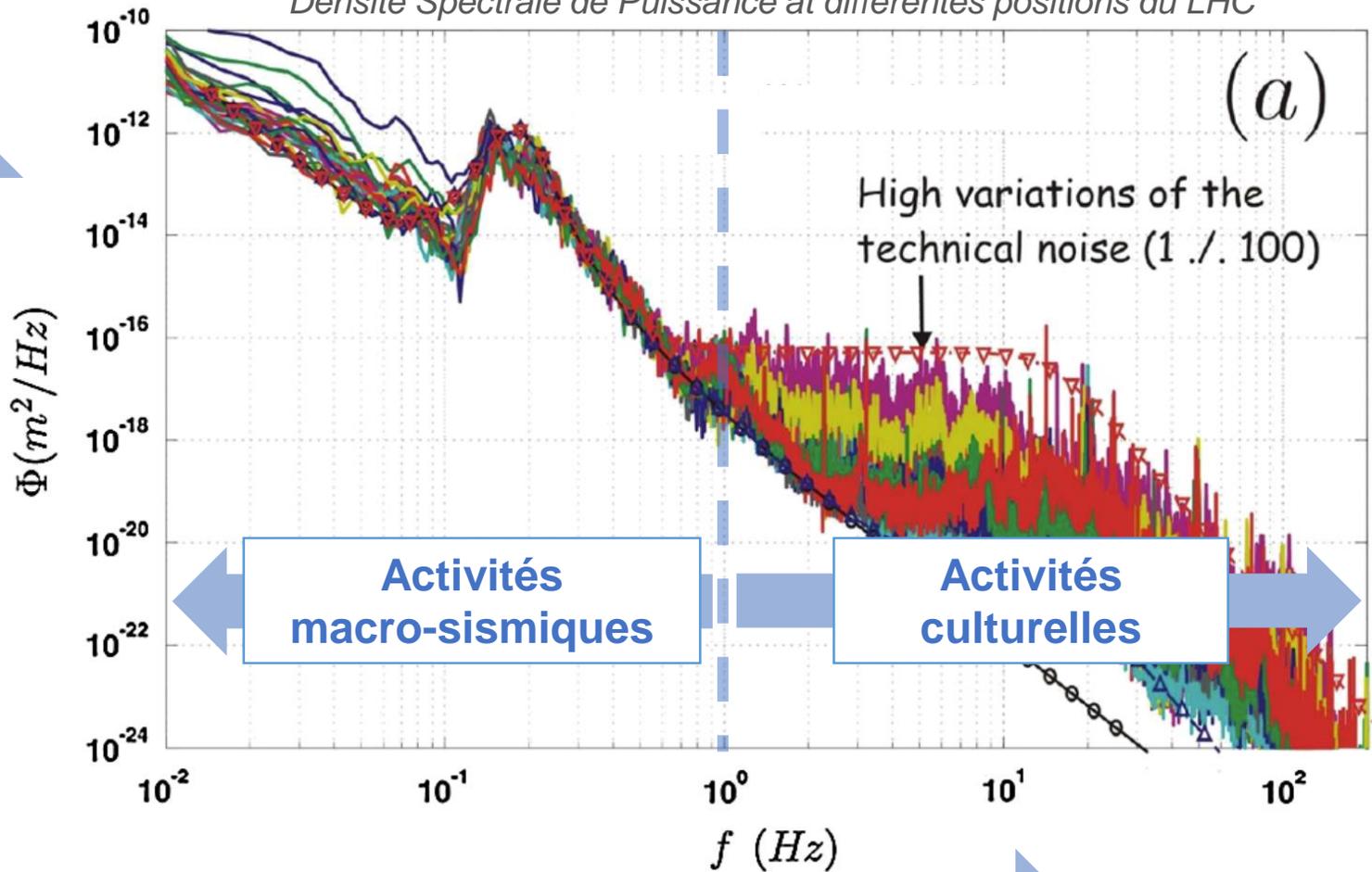


- Fonction de transfert :



Les sollicitations vibratoires

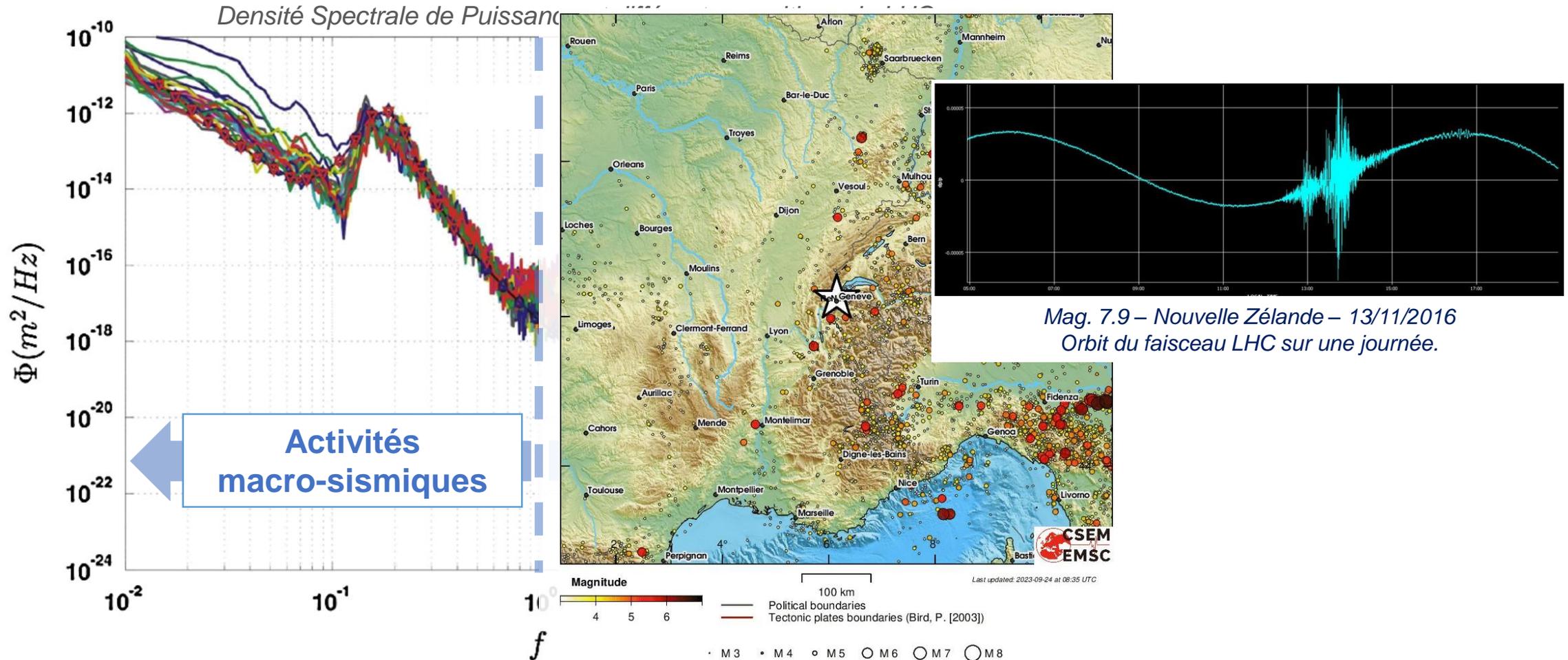
Densité Spectrale de Puissance at différentes positions du LHC



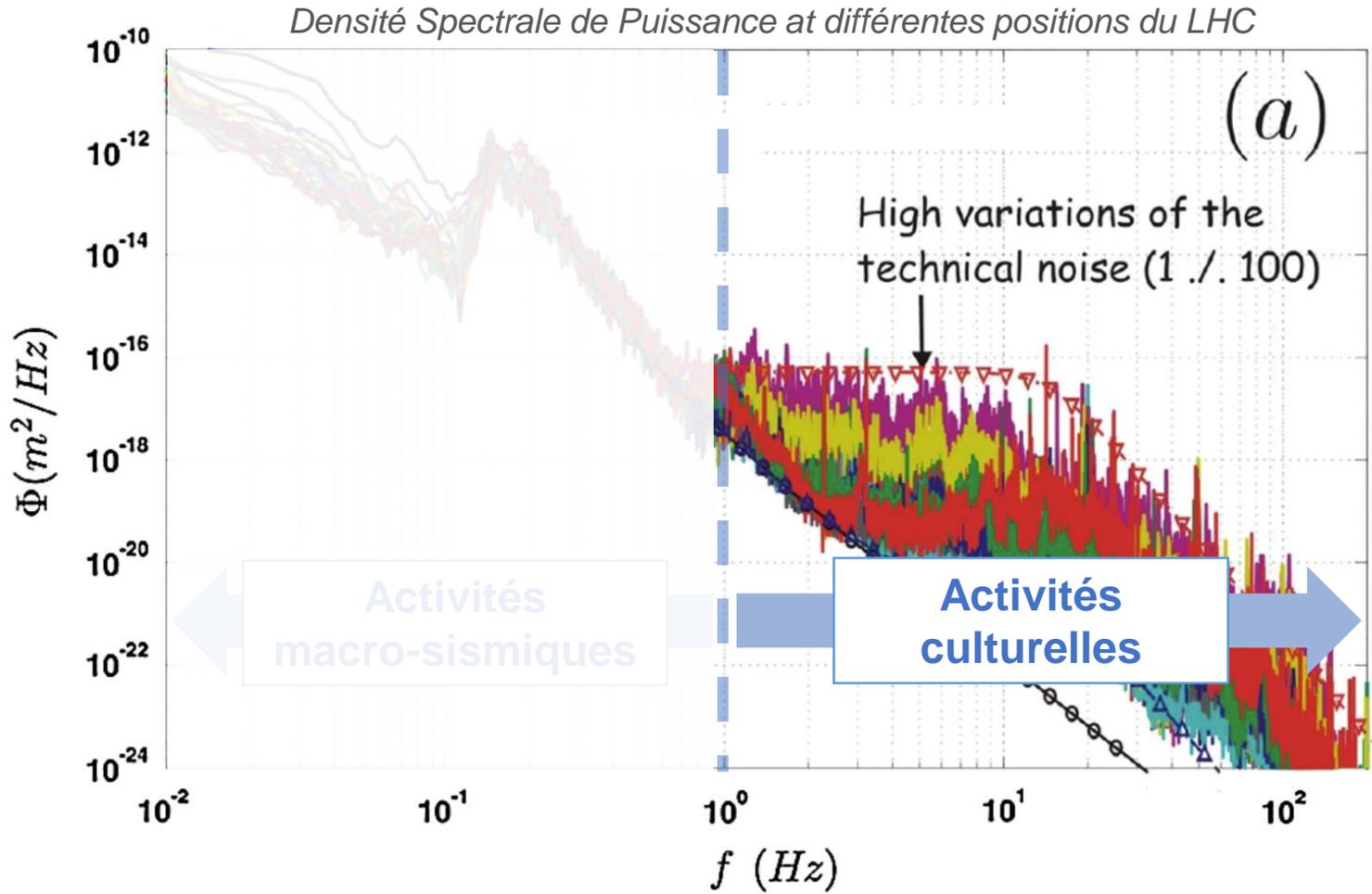
Amplitude de vibrations

Fréquence de vibrations

Les sollicitations vibratoires



Les sollicitations vibratoires



Que pouvons-nous accepter ?

- Dans la mesure du possible, les propriétaires des équipements sont les meilleures personnes pour définir des limites vibratoires :
 - Sur la base de l'expérience :

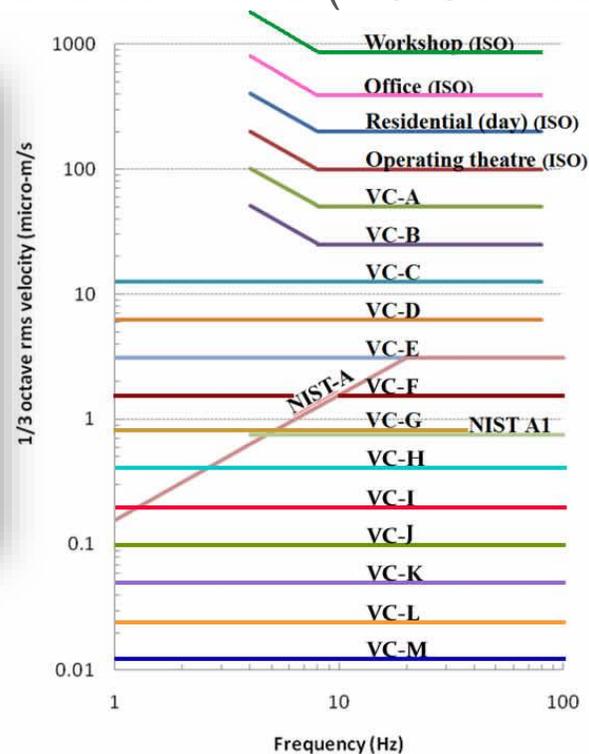


Que pouvons-nous accepter ?

- Dans la mesure du possible, les propriétaires des équipements sont les meilleures personnes pour définir des limites vibratoires :
 - Sur la base de spécifications connues (VC Curves)



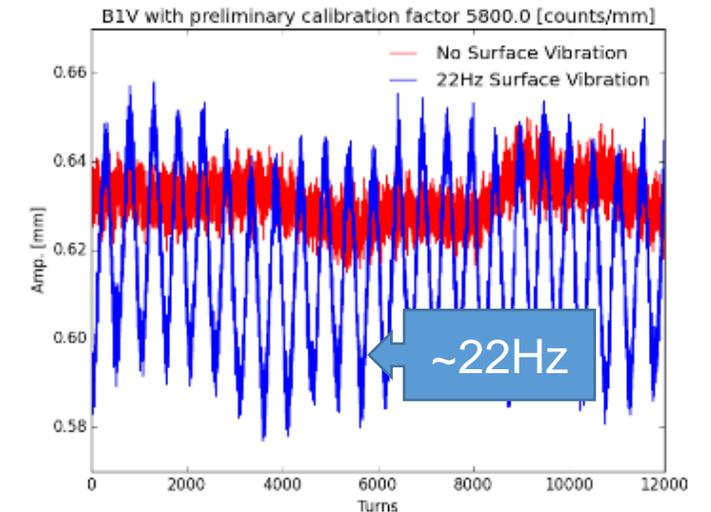
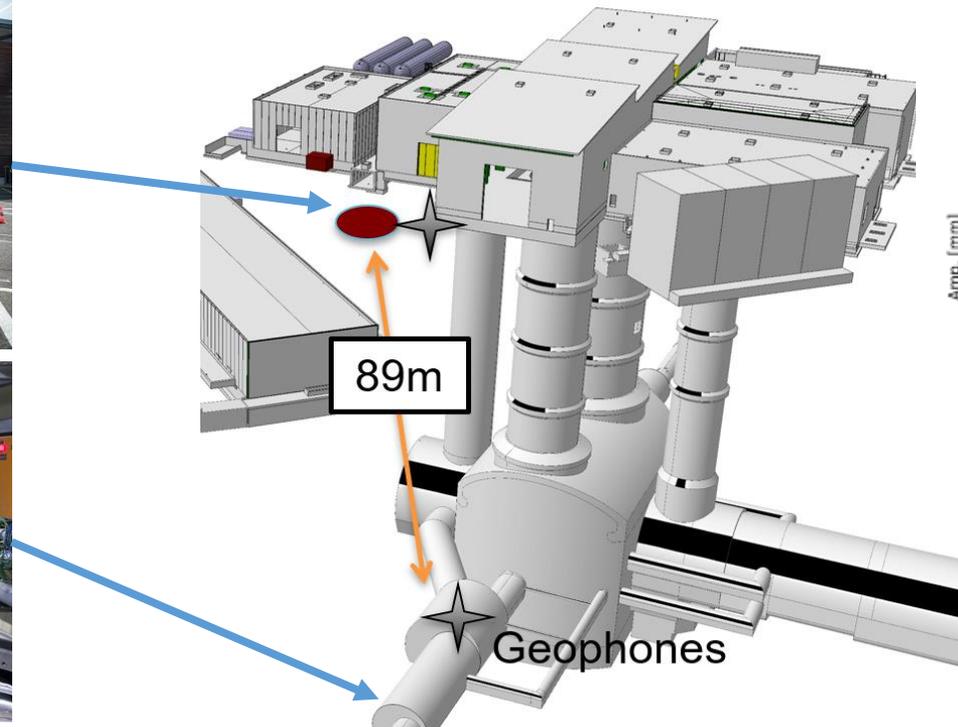
Etudes des matériaux - FIB
 Résolution : < 0.7 nm
 Stabilité requise : VC-F



Curve Criterion	Velocity: µm/s (µin/s)	Detail Size: µm	Description of Use
Workshop (ISO)	800 (32.000)	N/A	Distinctly perceptible vibration. Appropriate to workshops and non-sensitive areas.
Office (ISO)	400 (16.000)	N/A	Perceptible vibration. Appropriate to offices and non-sensitive areas
Residential Day (ISO)	200 (8000)	75	Barely perceptible vibration. Appropriate to sleep areas in most instances. Usually adequate for computer test equipment, hospital recovery rooms, semiconductor probe test equipment and microscopes less than 40x.
Op. Theatre (ISO)	100 (4000)	25	Vibration not perceptible. Suitable in most instances for surgical suites, microscopes to 100X and for other equipment of low sensitivity.
VC-A	50 (2000)	8	Adequate in most instances for optical microscopes to 400X, microbalances, optical balances, proximity and projection aligners, etc.
VC-B	25 (1000)	3	Appropriate for inspection and lithography (including steppers) to 3 µm line widths.
VC-C	12.5 (500)	1 - 3	Appropriate standard for optical microscopes to 1000X, inspection and lithography inspection equipment (including moderately sensitive electron microscopes) to 1 µm detail size, TFT-LCD stepper/scanner processes.
VC-D	6.25 (250)	0.1 - 0.3	Suitable in most instances for the most demanding equipment including electron microscopes (TEMs and SEMs) and E-Beam systems.
VC-E	3.12 (125)	< 0.1	A challenging criterion to achieve. Assumed to be adequate for the most demanding of sensitive systems including long path, laser-based, small target systems, E-Beam lithography systems working at nanometer scales, and other systems requiring extraordinary dynamic stability.
VC-F	1.56 (62.5)	N/A	Appropriate for extremely quiet research spaces; generally difficult to achieve in most instances, especially cleanrooms. Not recommended for use as a design criterion, only for evaluation.
VC-G	.78 (31.3)	N/A	Appropriate for extremely quiet research spaces; generally difficult to achieve in most instances, especially cleanrooms. Not recommended for use as a design criterion, only for evaluation.

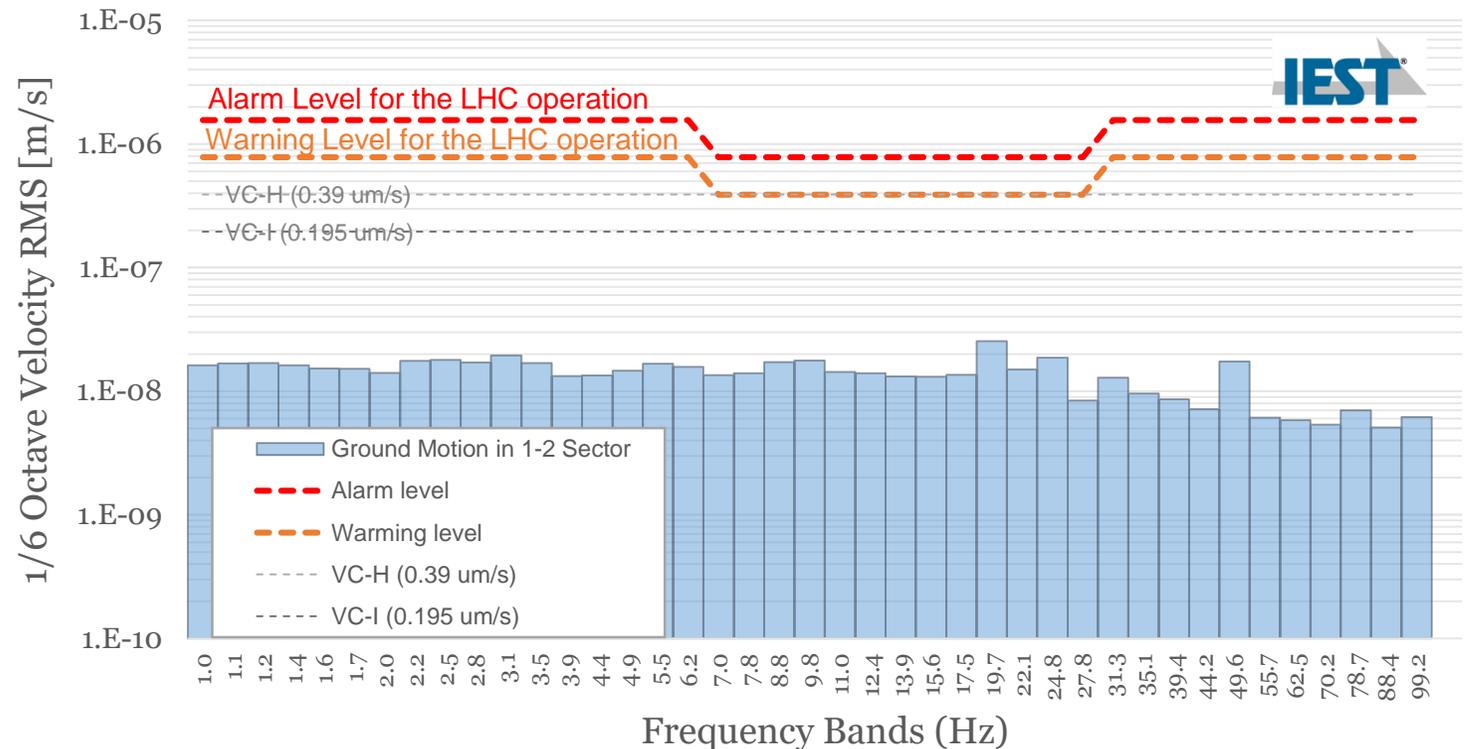
Que pouvons-nous accepter ?

- Dans la mesure du possible, les propriétaires des équipements sont les meilleures personnes pour définir des limites vibratoires :
 - Sur la base d'études expérimentales



Que pouvons-nous accepter ?

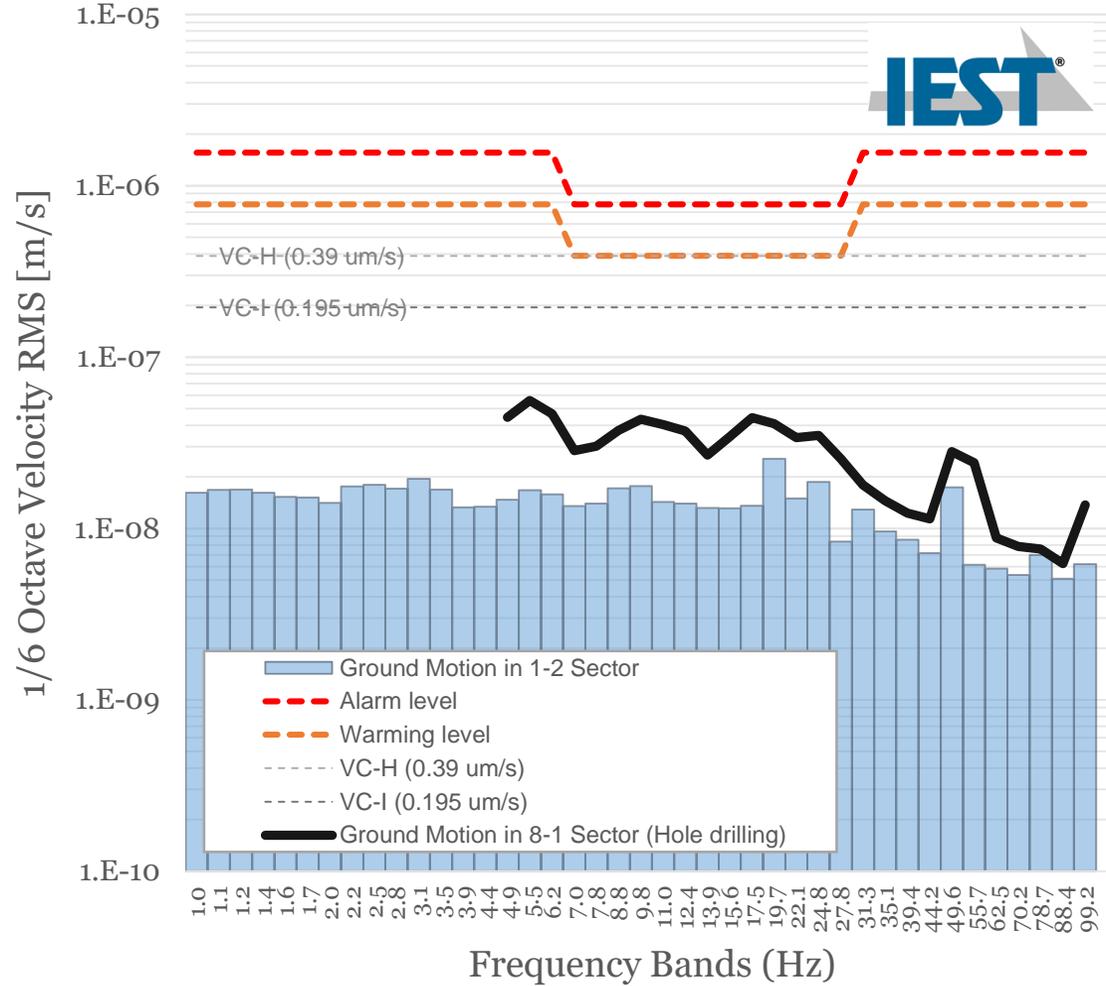
- Dans la mesure du possible, les propriétaires des équipements sont les meilleures personnes pour définir des limites vibratoires :
 - Sur la base d'études expérimentales



Quelques résultats



Quelques résultats



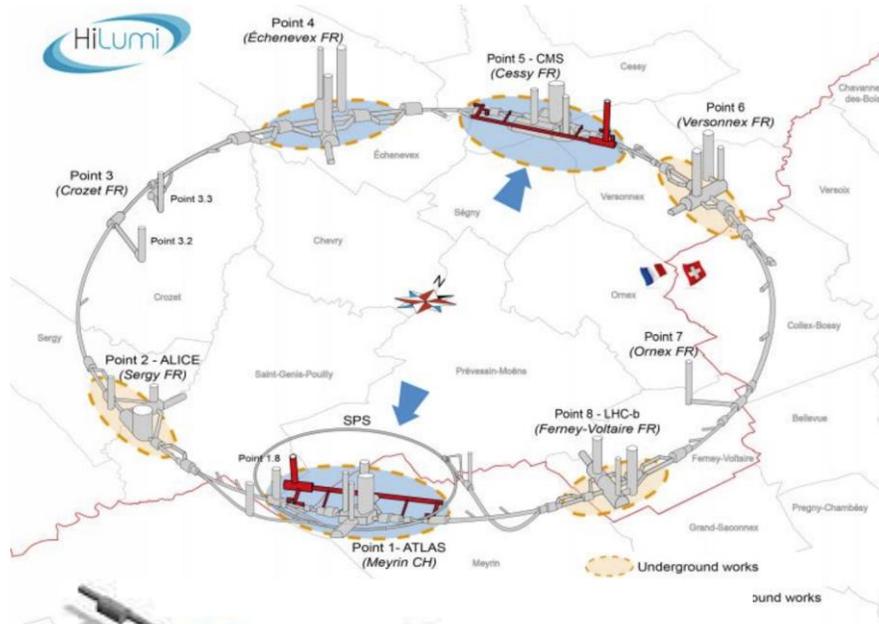
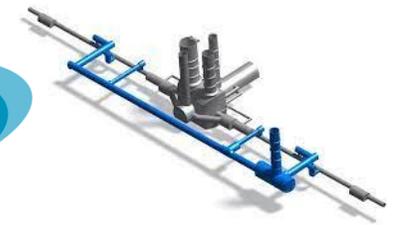
Quelques résultats



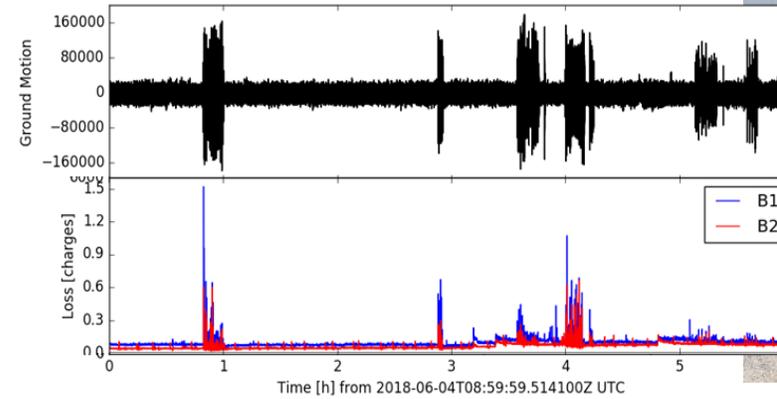
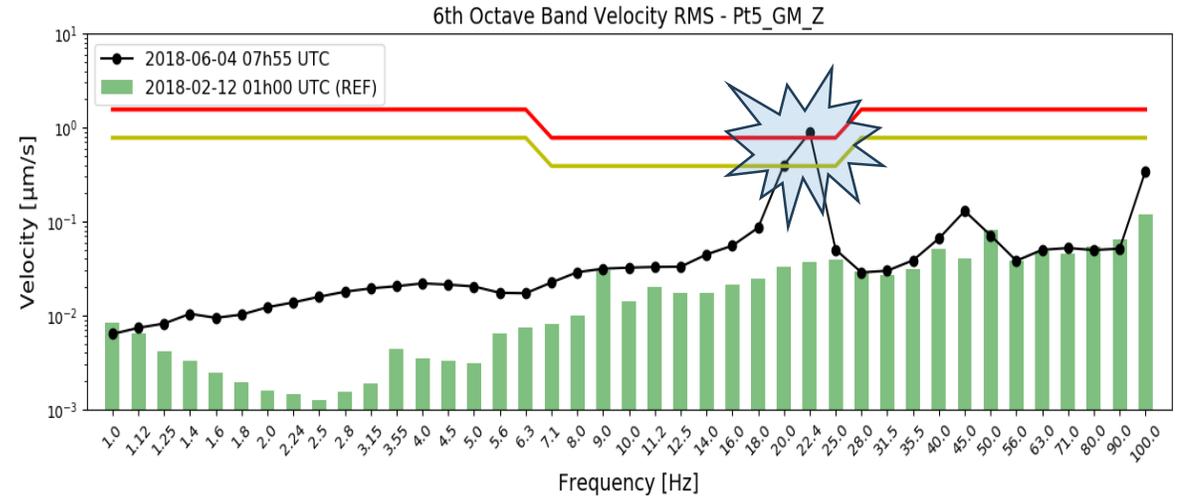
	Oscillation attendue du faisceau LHC (μm)	Exigences
Chute de 50 cm	1.1	Conditions normales : $< 5 \mu\text{m}$ Conditions instables : $5 \mu\text{m}$ et $20 \mu\text{m}$ Arrêt du LHC : au-delà de $20 \mu\text{m}$
Chute de 1 m	9.4	
Chute de 1.4 m	11.2	
Chute de 1.8 m	14.5	



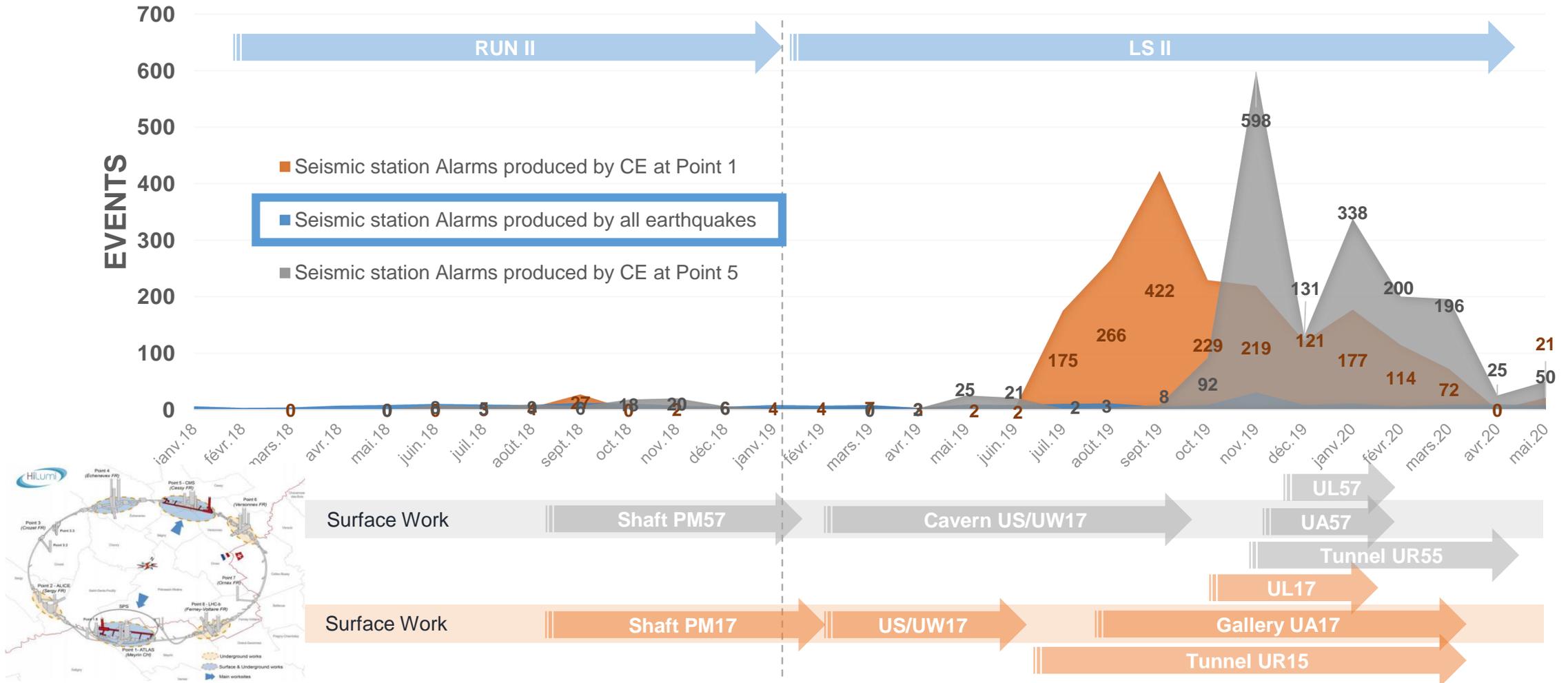
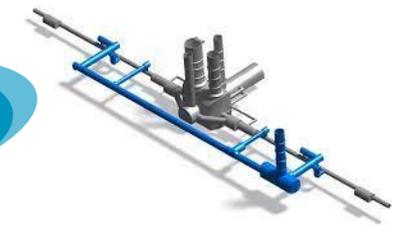
Quelques résultats



Point 5 : 4th June 2018
at 08h59 (UTC)



Quelques résultats



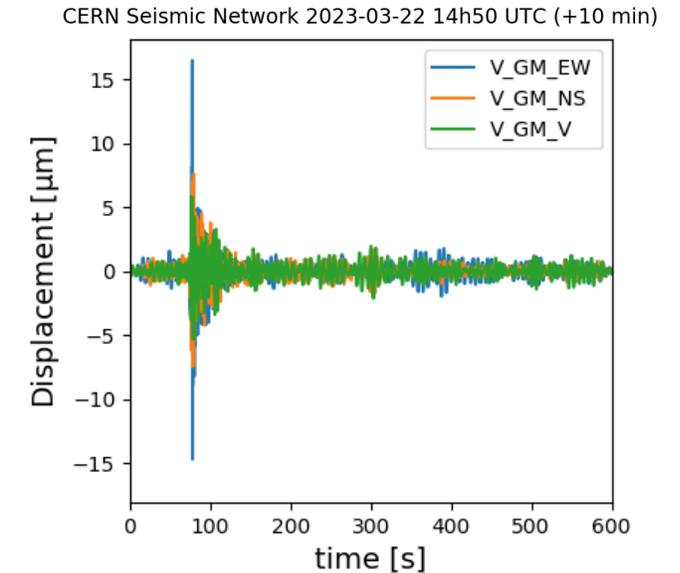
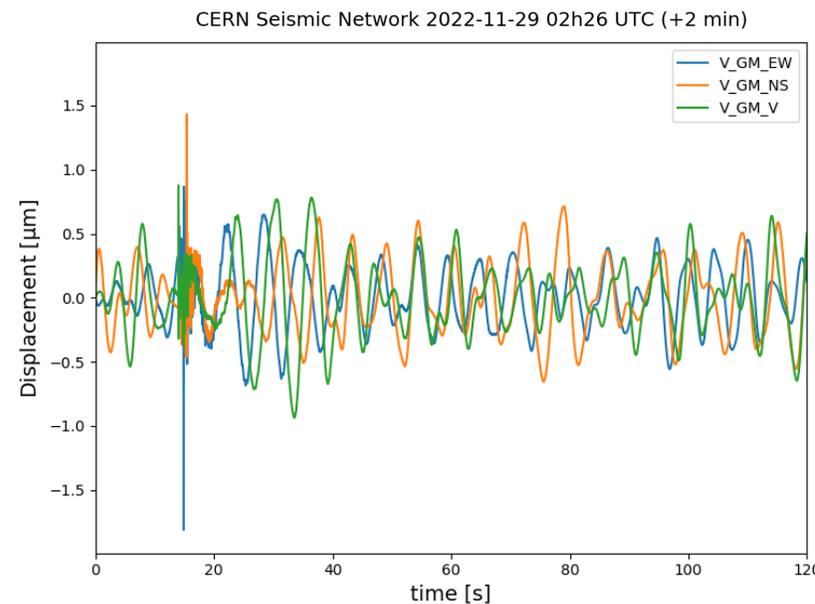
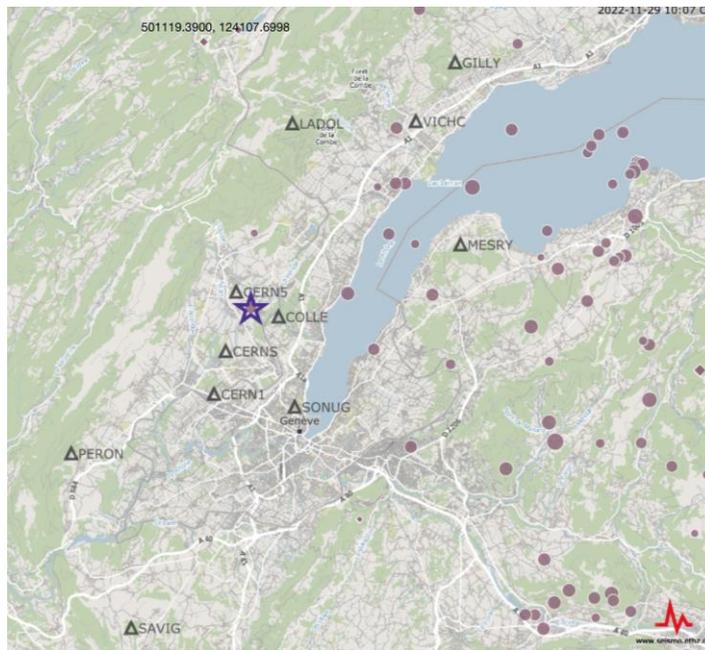
Quelques résultats



Schweizerischer Erdbebenienst
Service Sismologique Suisse
Servizio Sismico Svizzero
Swiss Seismological Service

ETH zürich

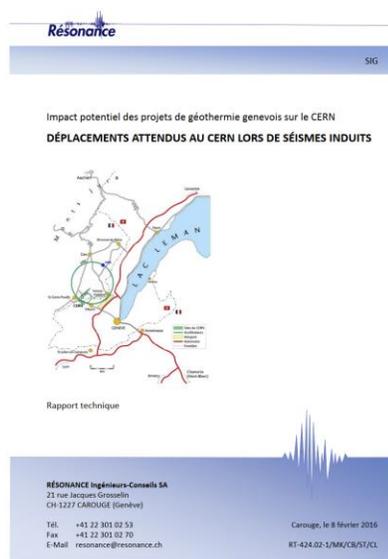
- Séisme de Porrentruy – M4.3 – 22 Mars 2023
– 6 km de Profondeur ;
- Séisme de Cessy – M1.6 – 29 Novembre 2022
– 3.4 km de Profondeur :



Quelques résultats



- Malgré la proximité avec le CERN, nos stations sismiques n'ont pas déclenché d'alarmes lors du forage !
- Etude d'impact du projet sur nos installations par Résonance SA

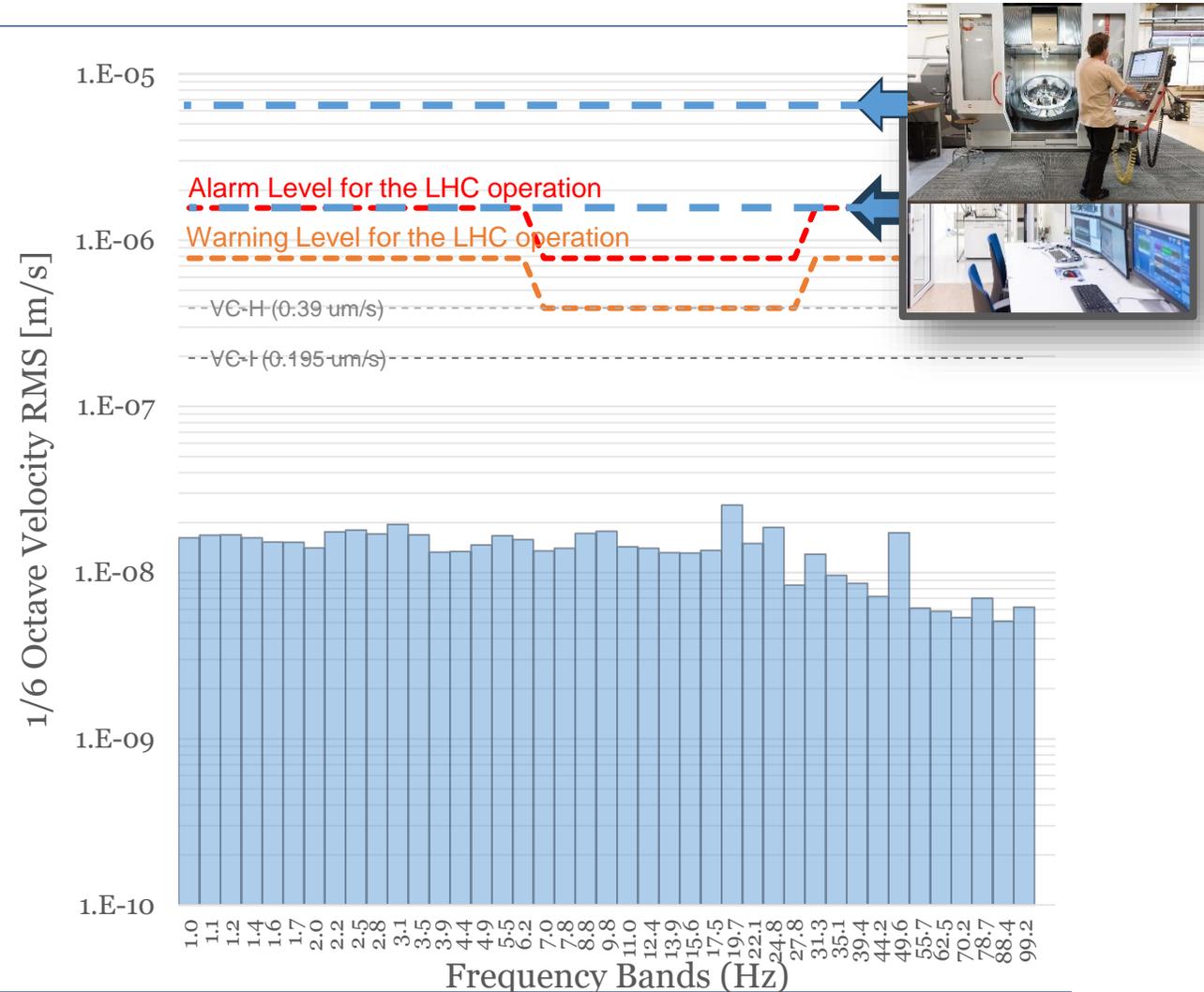


- *Peu de littérature pour évaluer théoriquement les impacts de la sismicité induite – Nécessité de collecter des données ;*
- *Le pronostic annonce que des séismes locaux de magnitude 2,5 n'engendrerait pas d'effet sur le LHC ;*
- *Le pronostic annonce de possible effets à partir de magnitude 3 mais avec une occurrence rare.*

https://edms.cern.ch/file/1821506/1/RT424_02-1_Displacements_expected_due_to_geothermy_2020.pdf

Conclusion

- Le CERN a développé beaucoup d'expérience pour qualifier les exigences vibratoires de ses équipements;
- Le LHC reste l'équipement le plus sensible de nos installations. Sa sensibilité augmentera d'ici quelques années avec la configuration HL-LHC ;



Conclusion

- Les activités de Génie Civil du CERN ou à proximité du CERN sont plus impactantes à ce jour que la sismicité locale ;
- Dans la mesure du possible, les propriétaires des équipements sont les meilleures personnes pour définir des limites vibratoires :
 - Sur la base de l'expérience;
 - Sur la base de spécifications connues (VC Curves);
 - Sur la base d'études expérimentales.



Merci pour
votre attention



www.cern.ch

PREMIÈRE INFORMATION SUR LA THÉMATIQUE
«SISMICITÉ ET INSTRUMENTS DE HAUTE-PRÉCISION»
EN PRÉSENCE DES INDUSTRIELS INTÉRESSÉS

Olivier Zingg, chef de projet Suisse romande,
Geo-Energie Suisse

Peter Meier, PDG, Geo-Energie Suisse

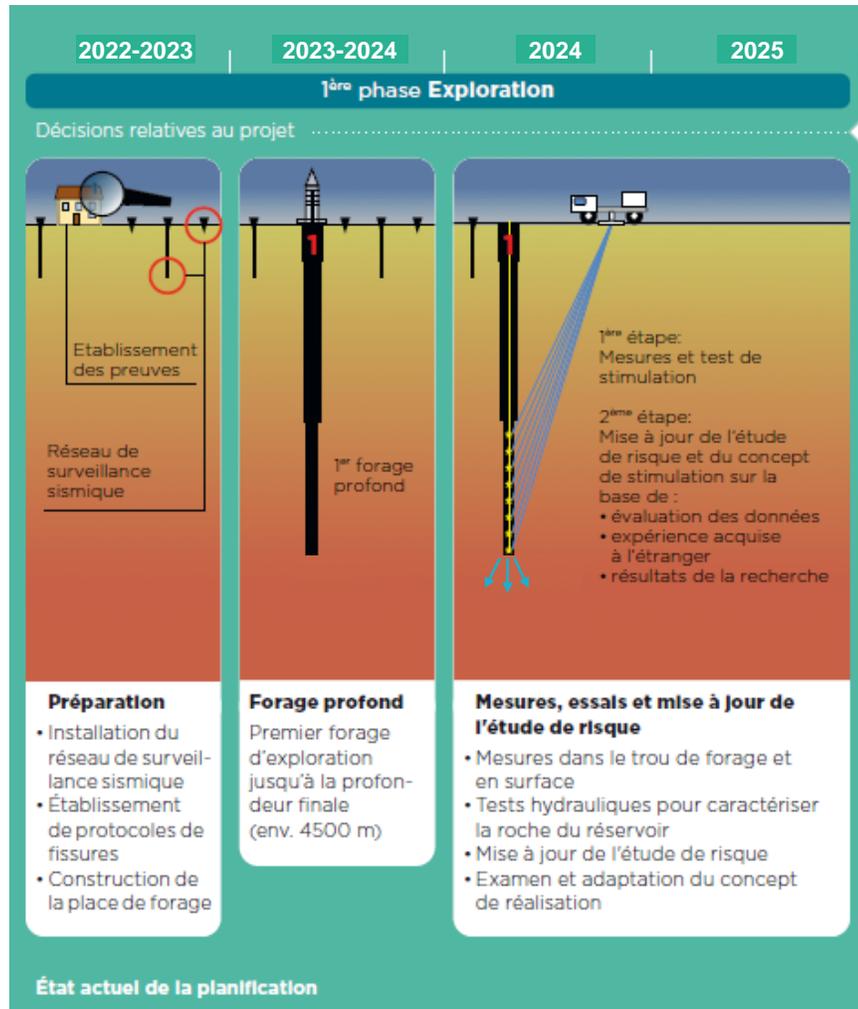
Le projet de géothermie de Haute-Sorne

Séance 8/2023 de la Commission de Suivi et d'Information (CSI)
9 octobre 2023, Bassecourt

Olivier Zingg, Chef de projet Geo-Energie Suisse AG



Rappel: le risque sismique dans le projet de géothermie de Haute-Sorne (1/3)

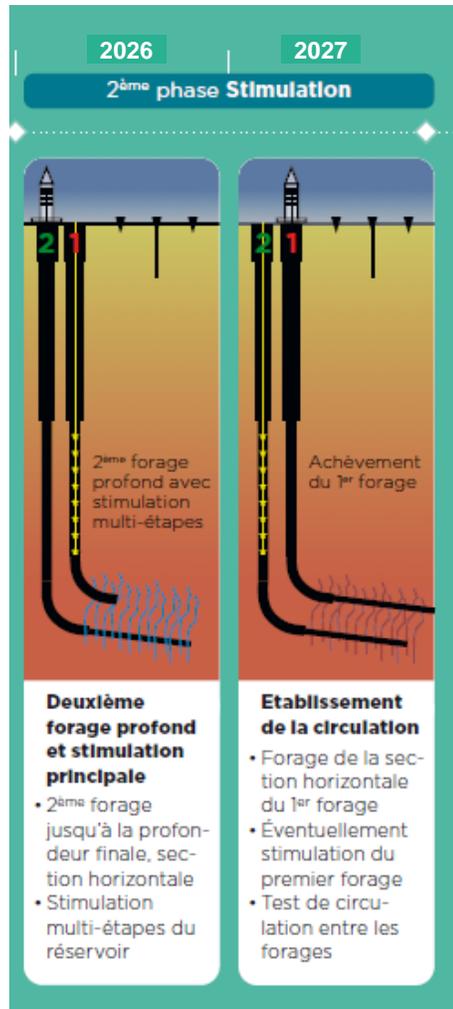


Phase I - Exploration (2022 – 2025)

→ Risque sismique très limité

- ❑ Construction de la place de forage → aucun risque sismique
- ❑ Mesures géophysiques en surface → aucun risque sismique
- ❑ Forage d'exploration et tests de stimulation → Réalisation de tests selon un protocole très prudent et sous contrôle du système de monitoring du risque sismique. Risque minimal, bien en-deçà des seuils fixés pour la stimulation principale.

Rappel: le risque sismique dans le projet de géothermie de Haute-Sorne (2/3)

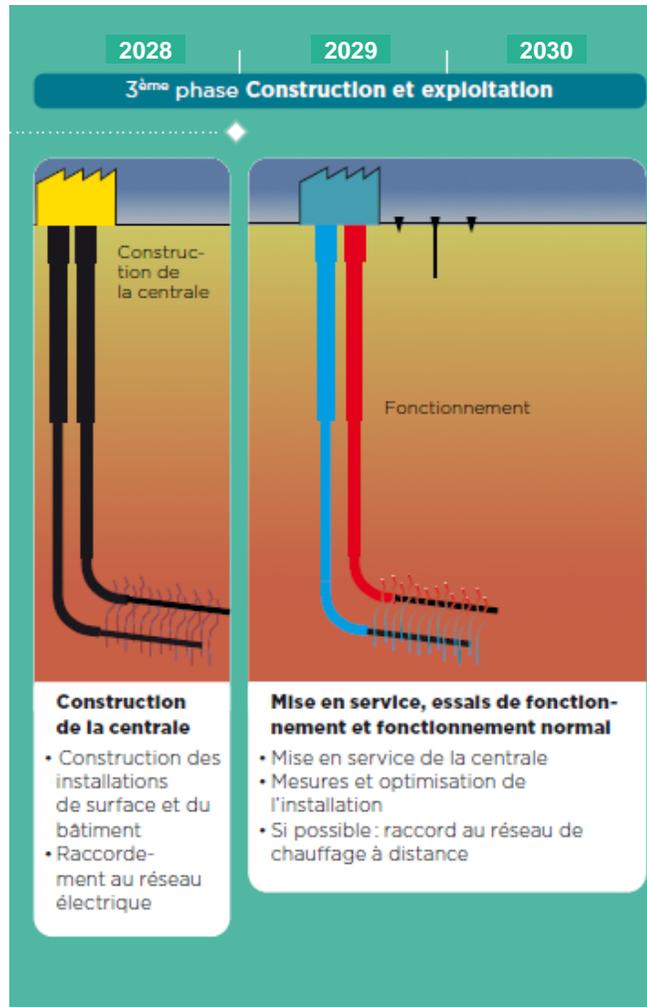


Phase II - Réalisation du deuxième forage et stimulation hydraulique du réservoir (2026 – 2027)

→ Uniquement en cas de succès de la phase I

- Stimulation par étapes du réservoir → Risque sismique présent. Etude de risque, procédures et mesures de mitigation mises à jour sur la base des résultats de la phase d'exploration, en particulier des tests de stimulation, ainsi que des expériences acquises avec le projet FORGE en Utah.

Rappel: le risque sismique dans le projet de géothermie de Haute-Sorne (3/3)



Phase III – Construction et exploitation de la centrale géothermique (dès 2028)

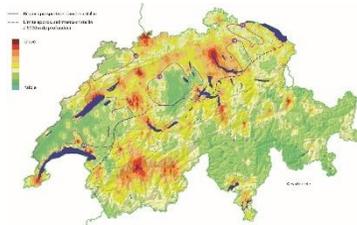
→ Uniquement en cas de succès de la phase II

- ❑ Construction de la centrale géothermique → aucun risque sismique
- ❑ Exploitation → Risque sismique présent, plus faible que durant la réalisation. Les mesures de suivi restent en place.
- ❑ Les centrales géothermiques en activité dans la vallée du Rhin peuvent servir d'exemple. De la sismicité y est toujours mesurée, très rarement ressentie, mais l'exploitation ne pose globalement pas de problème au voisinage.

Rappel: Mesures de mitigation du risque sismique



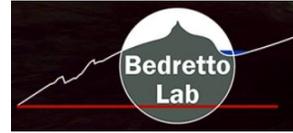
Etudes de risque



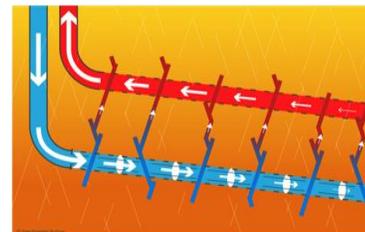
Sélection du site



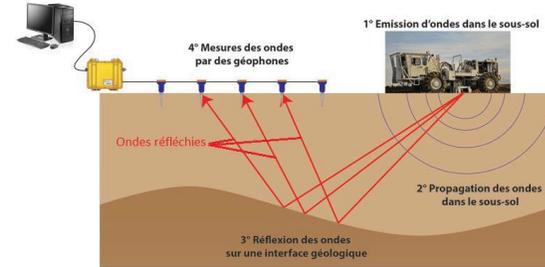
Réévaluation continue du risque



Tests et validation



Stimulation multi-étapes

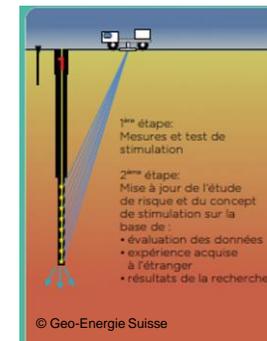


LE PRINCIPE DE LA SISMIQUE REFLEXION

Mesures géophysiques



Réseau de surveillance sismique



© Geo-Energie Suisse

Tests de stimulation

Normes d'ébranlement et seuils des dommages (Norme SN 640 312a)



Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute
Union des professionnels suisses de la route
Unione dei professionisti svizzeri della strada

Schweizer Norm
Norme Suisse
Norma Svizzera
SN
640 312 a

(Aujourd'hui VSS 40 312)

Tab. 3
Richtwerte
(Anwendung vergleiche Ziffer 12)

Tab. 3
Valeurs indicatives
(application voir chiffre 12)

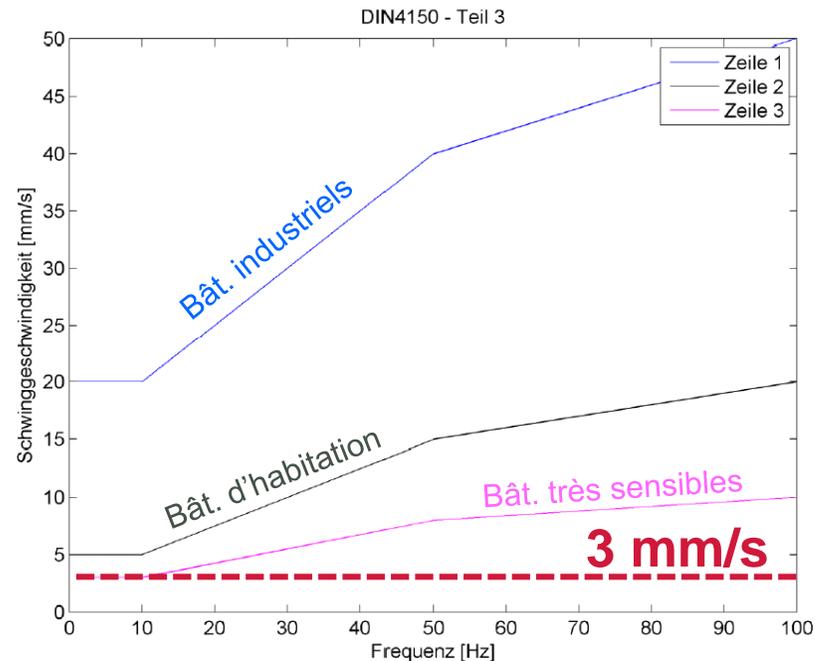
Empfindlichkeits- klasse Classe de sensibilité	Häufigkeitsklasse Classes de fréquence des sollicitations	Maximalwerte des Geschwindigkeitsvektors V_R [mm · s ⁻¹] massgebende Frequenzen < 30 Hz* 30–60 Hz > 60 Hz** Valeurs maximales du vecteur de vitesse V_R [mm · s ⁻¹] fréquences déterminantes < 30 Hz* 30–60 Hz > 60 Hz**																					
(1) sehr wenig empfindlich (1) très peu sensible	gelegentlich häufig permanent occasionnellement fréquemment en permanence	Richtwerte: Bis zu den 3fachen entsprechenden Werten der Empfindlichkeitsklasse (3) Valeurs indicatives: jusqu'au triple des valeurs correspondant à la classe de sensibilité (3)																					
(2) wenig empfindlich (2) peu sensible	gelegentlich häufig permanent occasionnellement fréquemment en permanence	Richtwerte: Bis zu den 2fachen entsprechenden Werten der Empfindlichkeitsklasse (3) Valeurs indicatives: jusqu'au double des valeurs correspondant à la classe de sensibilité (3)																					
(3) normal empfindlich (3) normalement sensible	gelegentlich häufig permanent occasionnellement fréquemment en permanence	<table border="1"> <thead> <tr> <th>< 30 Hz</th> <th>30–60 Hz</th> <th>> 60 Hz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15</td> <td>20</td> <td>30 [mm · s⁻¹]</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>8</td> <td>12 [mm · s⁻¹]</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>6 [mm · s⁻¹]</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>20</td> <td>30 [mm · s⁻¹]</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>8</td> <td>12 [mm · s⁻¹]</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>6 [mm · s⁻¹]</td> </tr> </tbody> </table>	< 30 Hz	30–60 Hz	> 60 Hz	15	20	30 [mm · s ⁻¹]	6	8	12 [mm · s ⁻¹]	3	4	6 [mm · s ⁻¹]	15	20	30 [mm · s ⁻¹]	6	8	12 [mm · s ⁻¹]	3	4	6 [mm · s ⁻¹]
< 30 Hz	30–60 Hz	> 60 Hz																					
15	20	30 [mm · s ⁻¹]																					
6	8	12 [mm · s ⁻¹]																					
3	4	6 [mm · s ⁻¹]																					
15	20	30 [mm · s ⁻¹]																					
6	8	12 [mm · s ⁻¹]																					
3	4	6 [mm · s ⁻¹]																					
(4) erhöht empfindlich (4) particulièrement sensible	gelegentlich häufig permanent occasionnellement fréquemment en permanence	Richtwerte: Zwischen den Richtwerten der Klasse (3) und der Hälfte davon Valeurs indicatives: entre les valeurs indicatives de la classe (3) et la moitié de celles-ci																					

➤ **Valeur à respecter pour éviter des dommages aux bâtiments les plus sensibles selon la norme suisse VSS 40 312**

➔ 7.5 mm/s

* Bei Frequenzen unter 8 Hz sind tiefere Richtwerte anzusetzen.
Lors de fréquences inférieures à 8 Hz, il convient d'appliquer des valeurs indicatives inférieures.
** Bei Frequenzen über 150 Hz können höhere Richtwerte angesetzt werden.
Lors de fréquences supérieures à 150 Hz, des valeurs indicatives supérieures peuvent être appliquées.

Normes d'ébranlement et seuils des dommages (Norme DIN 4150)



- Valeur à respecter pour éviter des dommages aux bâtiments les plus sensibles selon la norme allemande DIN 415
- Limite conservative (3 mm/s)
- Base pour le calcul du seuil des dommages

Exemple des tolérances vibratoires de machines

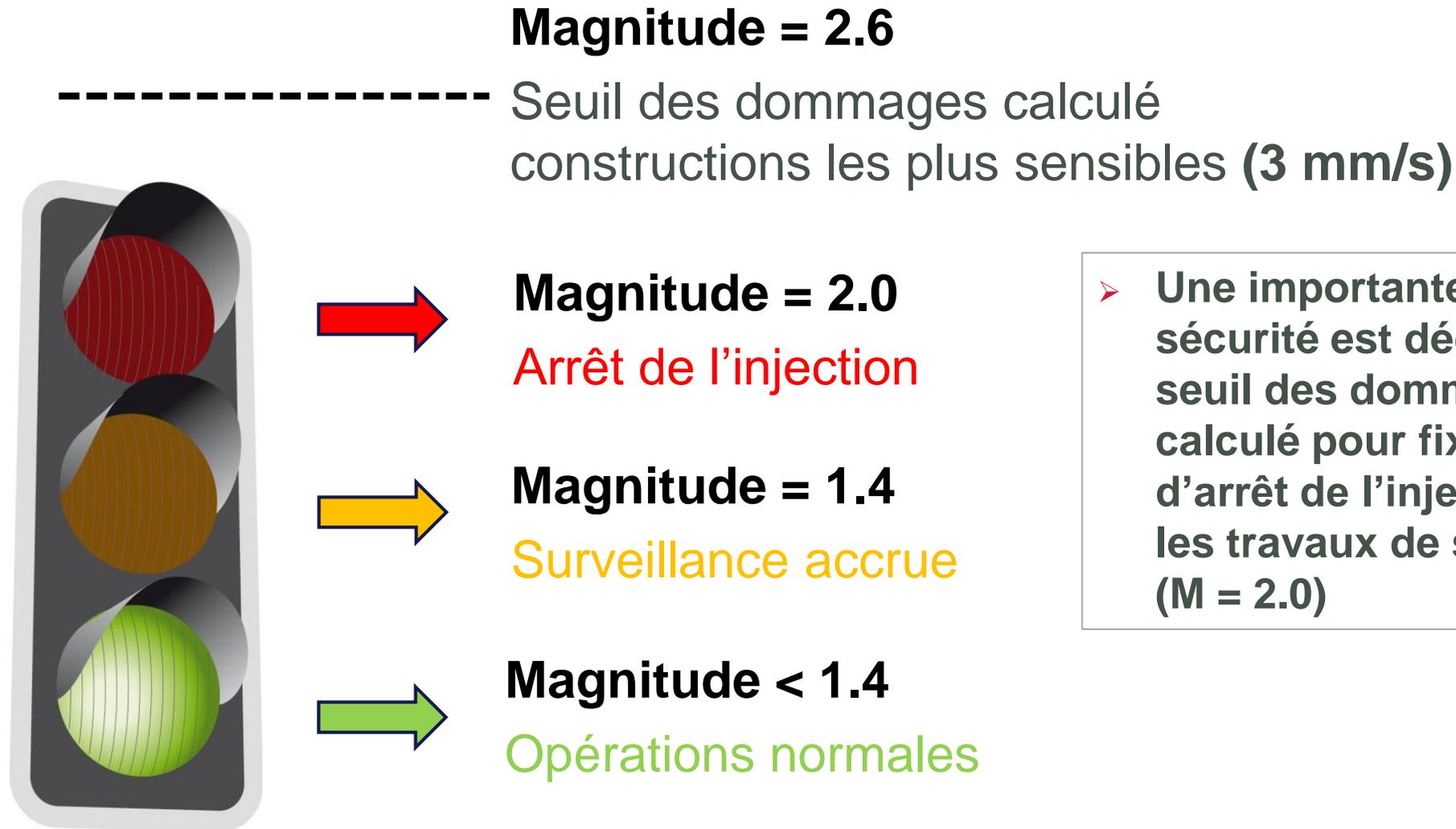
Exemple des tolérances vibratoires des installations hydroélectriques de KWO lors de travaux à l'explosif

Tabelle 3 Grenzwerte für Sprengvortrieb

Gelegentliche Einwirkungen (Bauarbeiten wie Sprengen, SPV)	[v_R maximal zulässiger, resultierender Schwinggeschwindigkeitsvektor am Messort]
Anlagen und Betriebsgebäude KWO	
Drehende Maschinen in Betrieb, am Lagerfuss	$v_R \leq 7 \text{ mm/s}$ (ganzer Frequenzbereich)
Absperrorgane am Lagerfuss, Verankerung Tragseile, Masten Empfindlichkeitsklasse normal empfindlich, Häufigkeitsklasse gelegentlich	$v_R \leq 15 \text{ mm/s}$ (< 30 Hz) $v_R \leq 20 \text{ mm/s}$ (30 Hz bis 60 Hz) $v_R < 30 \text{ mm/s}$ (> 60 Hz)
Bausubstanz allgemein (Empfindlichkeitsklasse wenig empfindlich, Häufigkeitsklasse gelegentlich)	$v_R \leq 20 \text{ mm/s}$ (< 30 Hz) $v_R \leq 30 \text{ mm/s}$ (30 Hz bis 60 Hz) $v_R \leq 60 \text{ mm/s}$ (> 60 Hz)
Steuerungen und Elektronik	$v_R \leq 10 \text{ mm/s}$ (ganzer Frequenzbereich)
Gebäude Dritter und bewohnte Gebäude	
Bausubstanz allgemein (Empfindlichkeitsklasse erhöht empfindlich, Häufigkeitsklasse gelegentlich)	$v_R \leq 7 \text{ mm/s}$ (< 30 Hz) $v_R < 10 \text{ mm/s}$ (30 Hz bis 60 Hz) $v_R < 15 \text{ mm/s}$ (> 60 Hz)
Schutz der Bewohner (DIN 4150-2)	$A_0 = 3$ Anhaltswerte der bewerteten Schwingstärke KB nach DIN 4150-2, $v_{R,max} = 8 \text{ mm/s}$

➤ **Tolérances supérieures aux seuils fixés pour le projet de Haute-Sorne**

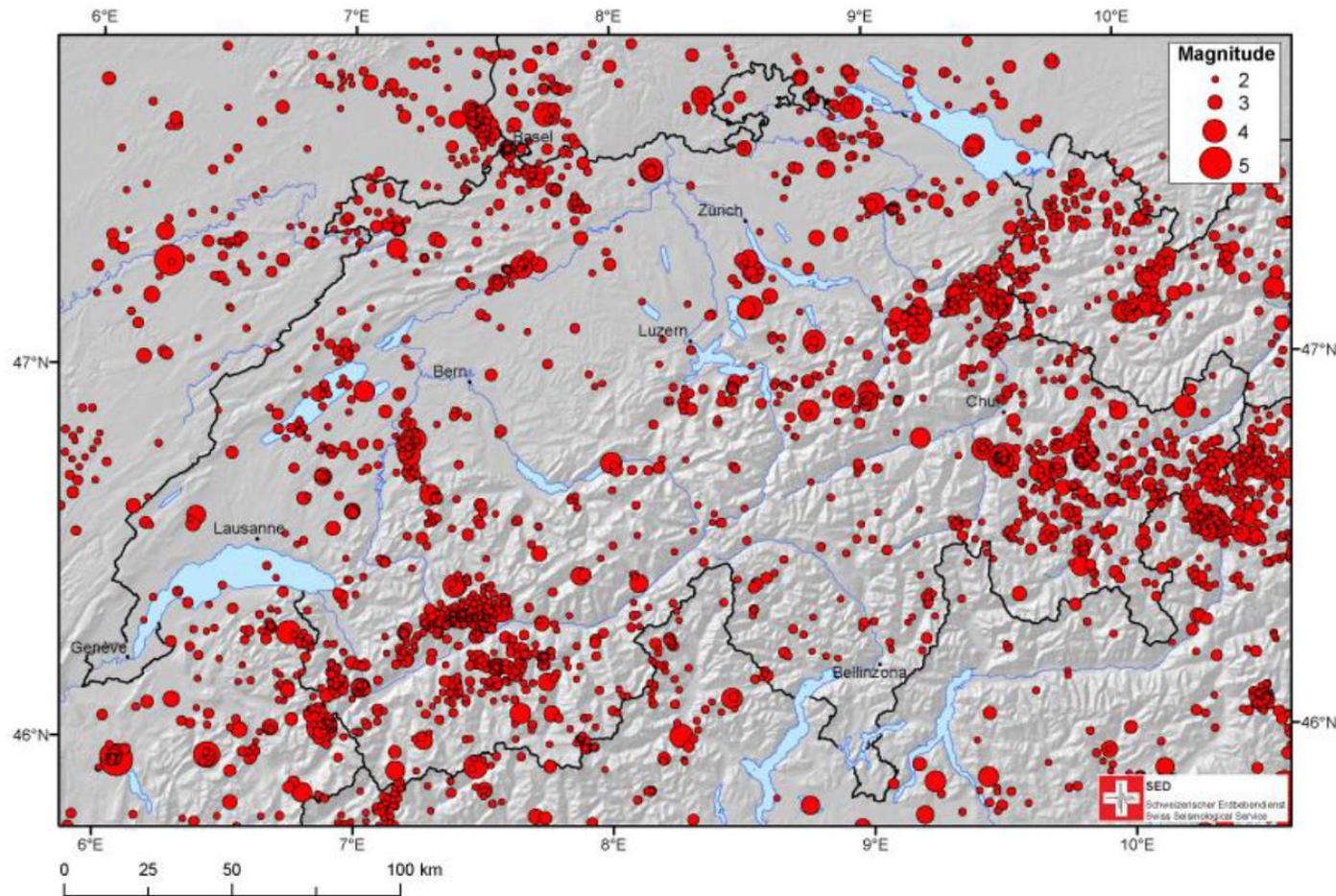
Schéma de réaction (système de feux de circulation)



➤ Une importante marge de sécurité est déduite du seuil des dommages calculé pour fixer la valeur d'arrêt de l'injection durant les travaux de stimulation (M = 2.0)

Comparaison avec la sismicité naturelle

Erdbeben Epizentren, 1975 – 2012, Magnitude ≥ 2



➤ Des tremblements de terre d'une magnitude ≥ 2.0 sont courants en Suisse

Comparaison avec la sismicité naturelle

Le séisme de **St-Ursanne (6 avril 2000)**

- Magnitude **MI = 3.2**. L'énergie libérée représente plus de **60** fois celle d'un séisme de magnitude 2.0
- **Aucun dommage signalé.**

Le séisme de **Réclère (22 mars 2023)**

- Magnitude **MI = 4.3**. L'énergie libérée représente plus de **2'800** fois celle d'un séisme de magnitude 2.0
- **Aucun dommage signalé.**

Le séisme de **Vallorcine (8 septembre 2005)**

- Magnitude **MI = 4.9**. L'énergie libérée représente plus de **20'000** fois celle d'un séisme de magnitude 2.0
- **Uniquement de légers dommages non structurels** ont été signalés dans les communes proches de Vallorcine.

- **Ceux-ci causent rarement des dégâts.**
- **Le seuil des dommages calculé (M = 2.6) peut être considéré comme conservatif**

Comparaison avec des opérations de stimulation hydraulique récentes pour des projets géothermiques



(source: ST1 Deep Heat Ltd.)



ST1 Otaniemi Geothermal Project (Finlande)

Magnitude maximale: 1.9



Bedretto Underground Laboratory for Geoenergies

Magnitude maximale: -1.8

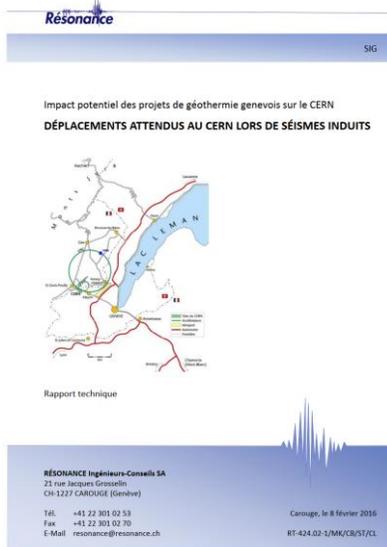


Utah FORGE (USA)

Magnitude maximale: 0.6

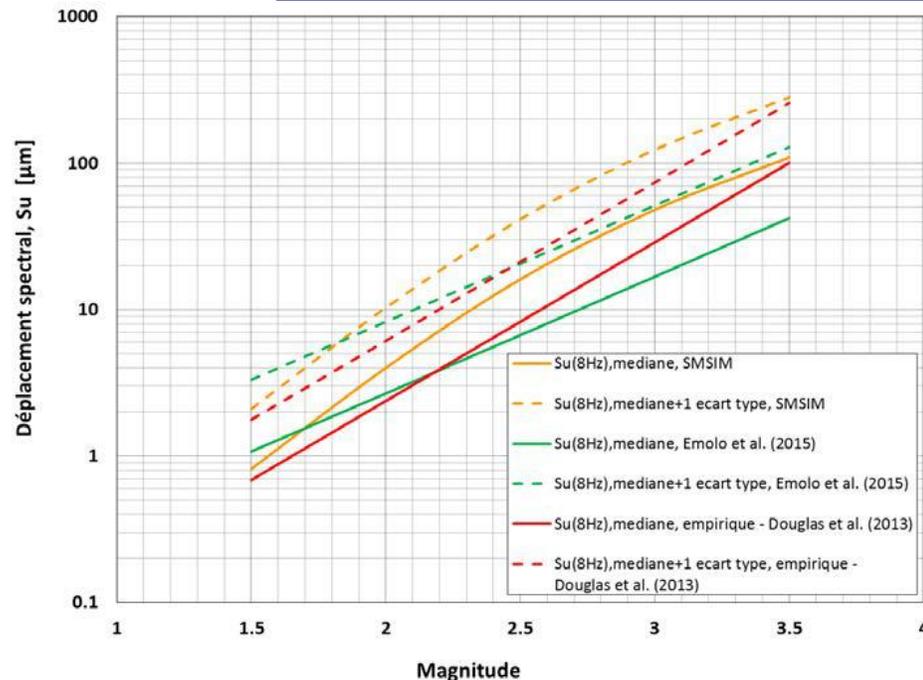
➤ Lors de projets récents avec stimulation hydraulique, la magnitude n'a pas dépassé 2.0

Etude d'impact de la sismicité induite sur le LHC (CERN) par Résonance SA (présentation M. Guinchard)



- *Peu de littérature pour évaluer théoriquement les impacts de la sismicité induite – Nécessité de collecter des données ;*
- *Le pronostic annonce que des séismes locaux de magnitude 2,5 n'engendrerait pas d'effet sur le LHC ;*
- *Le pronostic annonce de possible effets à partir de magnitude 3 mais avec une occurrence rare.*

https://edms.cern.ch/file/1821506/1/RT424_02-1_Displacements_expected_due_to_geothermy_2020.pdf



Modélisation de la relation Déplacement – Magnitude (Fig. 4.5)

Déplacement spectral pour une fréquence propre de 8 Hz et un amortissement de 1 %, en fonction de la magnitude, pour une distance épacentrale de 5 km et une profondeur du foyer de 3 km. Les résultats sont issus de la simulation par SMSIM pour les paramètres de référence ainsi que des GMPEs empiriques d'Emolo et al. (2015) et de Douglas et al. (2013), corrigées pour un amortissement de 1 %.

la figure 4.5 montre que les déplacements spectraux pour 8 Hz (valeurs médianes plus un écart-type), toujours pour une distance épacentrale de 5 km et une profondeur du foyer de 3 km, **restent inférieurs à 50 µm jusqu'à une magnitude de M = 2.5.**

Etude d'impact de la sismicité induite sur le LHC (CERN) par Résonance SA

Exemple du champ géothermique de Hengill (Islande), 2006. Déplacements (PGD, μm) dans les directions horizontales x , y et verticales z pour des magnitudes $1.85 < M_w < 2.15$ et une distance à l'hypocentre de $5 \text{ km} < r_h < 10 \text{ km}$. (tableau 3.1, extrait)

	PGDx [μm]	PGDy [μm]	PGDz [μm]
Moyenne (géométrique)	5.4	6.1	2.4
Moyenne + 1 écart-type	11.9	14.5	6.4

Exemple du projet de géothermie de Bâle de 2006 à 2007. Déplacements spectraux à 8 Hz (μm), pour un amortissement de 1 %, pour des magnitudes de $1.8 < M_I < 2.2$ ($2.0 < M_w < 2.3$) et une distance à l'hypocentre de $3 \text{ km} < r_h < 7 \text{ km}$. (tableau 3.2, extrait)

	x [μm]	y [μm]	z [μm]
Moyenne (géométrique)	5.1	4.6	3.0
Moyenne + 1 écart-type	9.1	8.0	4.5

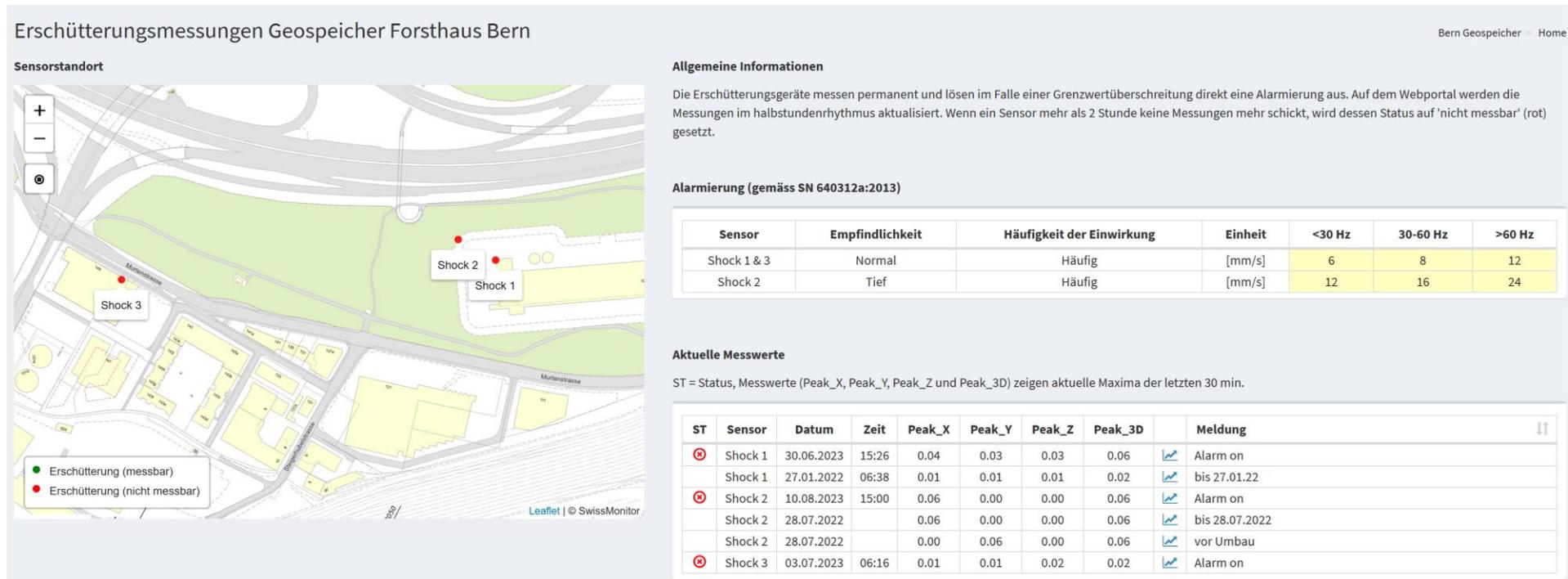
❑ Risques pour les processus industriels (art.13)

- L'Exploitant prépare une information et une communication spécifiques à l'attention des industriels.
- L'exploitant établit une antenne de communication avec les entrepreneurs soucieux du risque sismique pour leurs systèmes de production.
- Il étudie la situation et l'état des risques avec l'aide d'experts et si besoin envisage des mesures particulières au cas par cas.

- **Y a-t-il une sensibilité particulière identifiée?**
- **Les tolérances vibratoires des machines sont-elles connues ?**
- **Une surveillance en continu des vibrations serait-elle indiquée ?**

Exemple de surveillance en temps réel des mouvements du sol

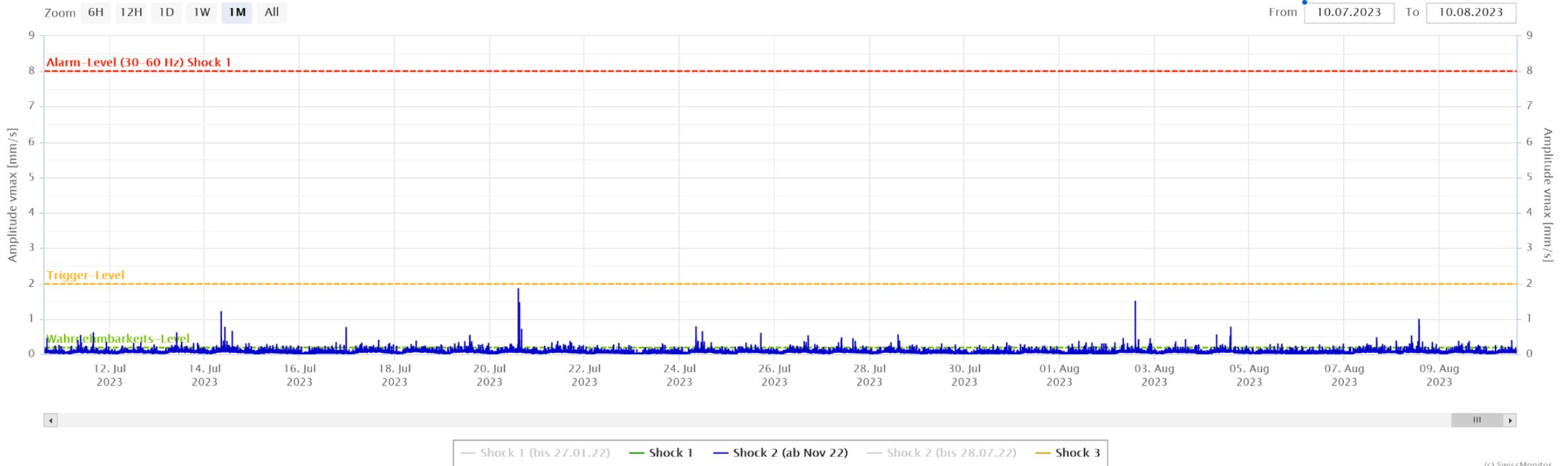
- ❑ Projet de stockage souterrain de la chaleur, Berne Forsthaus (ewb)
- ❑ Objectif: mesure des effets des vibrations causées par des travaux de forage sur la centrale de Forsthaus et sur un gazoduc
- ❑ Alarme en temps réel en cas de dépassement de valeurs-seuils.



Exemple de surveillance en temps réel des mouvements du sol

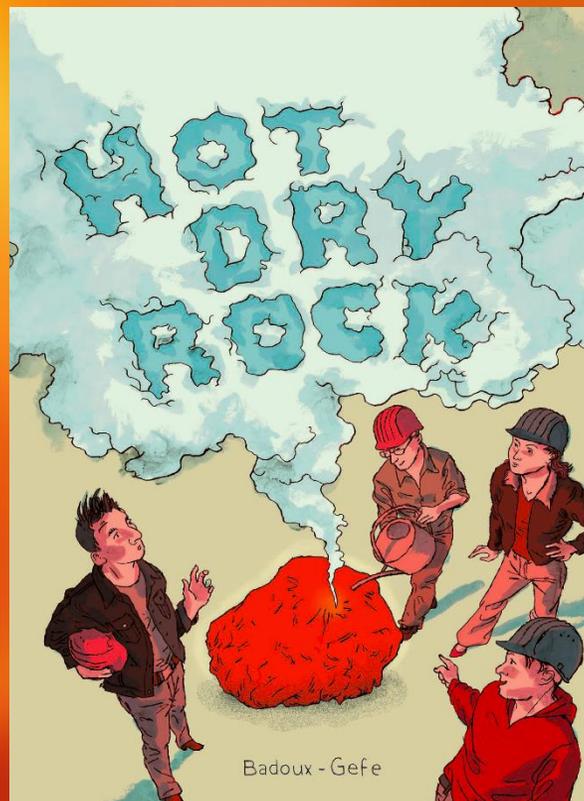
Aktuelle Erschütterungen

Maximale Schwinggeschwindigkeit 3D [mm/s]



(c) SwissMonitor

Centre de compétence suisse
en géothermie profonde pour
la production d'électricité et de chaleur



Merci pour votre attention!

DIVERS



CONCLUSION



Pascal Mahon, président de la CSI