

	Programme Appel à projets générique 2021	Acronyme du projet : META-WT
	AAP Terre fluide et solide	Edition 2021
	Document administratif et financier	

Fiche d'identité du projet

Acronyme :	META-WT		
Titre du projet : <i>En français</i>	Etude expérimentale des métamatériaux sismiques : Application aux parcs éoliens avec des réseaux sismiques denses		
Titre du projet : <i>En anglais</i>	Experimental investigation of seismic metamaterials: Application to wind farms with dense seismic arrays		
Durée du projet (mois) :	24		
Montant prévisionnel de l'aide demandée à ANR (k€) <i>(à l'étape de présélection le cas échéant)</i>	64 - 86	Montant de l'aide demandée à ANR (€)	152 456,08
Montant prévisionnel de l'aide demandée aux autres agences de financement (k€) <i>(à l'étape de présélection le cas échéant)</i>	89 - 121 pour DFG	Montant de l'aide demandée aux autres agences de financement (€)	208 010,00 (dont 208 010,00 pour DFG)
		Total des fonds propres pour le projet (€)	0,00
Instrument de financement	PRCI - Projets de recherche collaborative - International		
Année de soutenance de la thèse	0		
Axes thématiques	<i>Non applicable pour cet appel à projets</i>		
Déclinaison en sous-axes thématiques (et mots clés associés):	<i>Non applicable pour cet appel à projets</i>		
Catégories R&D :	Recherche fondamentale	Plateforme :	<i>Non applicable pour cet appel à projets</i>
Projet transnational :	<i>Non applicable pour cet appel à projets</i>		
Disciplines dominantes :	<i>Non applicable pour cet appel à projets</i>		
Types de projets :	<i>Non applicable pour cet appel à projets</i>		

Acronyme du projet : META-WT

Mots-clés :	<i>Non applicable pour cet appel à projets</i>
--------------------	--

Êtes-vous amenés à utiliser des ressources génétiques (réglementation Nagoya) dans le cadre de ce projet ?	Non		
Temps d'implication du coordinateur de projet sur une année :	<i>Non applicable pour cet appel à projets</i>		
Le projet a-t-il déjà été déposé lors d'une édition précédente ?	Oui		
Si oui, en quelle année ?	2020	Acronyme du projet	META-WT

Le projet fait-il suite à un projet antérieur financé par l'ANR ?	Non		
Acronyme du projet			
Le projet a-t-il un lien avec un programme Investissements d'avenir (PIA) ?	Non		

Récapitulatif : Partenariat, budget et main d'œuvre

	Sigle du partenaire	Coût Complet (€)	Aide Demandée (€)	Personnel permanent (pers/mois)	Personnel non permanent AVEC financement demandé (pers/mois)	Personnel non permanent SANS financement demandé (pers/mois)	Agence de financement
Institut des Sciences de la Terre (Coordinateur) Universität Potsdam / Institut für Geowissenschaften German Research Center for Geosciences (GFZ) / Seismic Hazard and Risk Dynamics	ISTERRE	344 119,33	152 456,08	17,00	15,00	8,00	ANR
		115 656,00	115 656,00	0,00	0,00	0,00	DFG
		92 354,00	92 354,00	0,00	0,00	0,00	DFG
Totaux	Totaux	552 129,33	360 466,08	17,00	15,00	8,00	

Liste des agences de financement

Nom de l'agence	Associée au projet	Associée au(x) partenaire(s)
ANR		ISTERRE
DFG	X	Universität Potsdam / Institut für Geowissenschaften German Research Center for Geosciences (GFZ) / Seismic Hazard and Risk Dynamics

Liste des cofinanceurs

Aucun cofinanceur trouvé pour ce projet.

Résumé (non confidentiel) du projet en français

Le projet META-WT est construit sur une expérience sismique de 3 semaines en Allemagne avec un réseau sismique dense de ~400 géophones à trois composantes qui couvrira (1) un parc éolien de 2,5 km x 2,5 km avec presque 200 éoliennes (WTs) et (2) une ligne radiale de ~20 km de long du

centre du parc éolien vers le nord avec un géophone tous les ~0,75 km. De nouvelles technologies de détection (câble à fibre optique (DAS), capteurs de rotation et vibromètre Lidar) seront utilisées comme éléments complémentaires pour obtenir (3) des informations spatiales hautement résolues du champ d'ondes sismiques et (4) l'analyse modale pour chaque WT ainsi que (5) des informations locales sur le champ d'ondes à 6 composantes (rotation + déplacement) au pied de certaines WT.

L'objectif est de mesurer la signature spatio-temporelle complète du champ d'ondes sismiques du parc éolien à partir d'enregistrements continus du bruit ambiant. Grâce à la distance dense entre les stations obtenues par la combinaison du réseau de géophones et du déploiement du câble à fibre optique, l'expérience permet d'analyser à la fois les caractéristiques du champ d'ondes à petite échelle et le schéma de rayonnement à plus longue distance du parc éolien.

Les parcs éoliens peuvent agir comme des structures actives et passives pour les ondes sismiques. Nous visons donc à étudier : (1) le champ d'ondes sismiques diffusé par les multiples WTs sous excitation continue du bruit ambiant (~1 Hz); (2) les vibrations auto-générées de l'ensemble des WTs transmises au sol sous forme de bruit sismique (0,5-10 Hz). Lorsque plusieurs résonateurs mécaniques sont couplés les uns aux autres à une échelle inférieure à la longueur d'onde, leur vibration combinée produit un effet global à grande échelle - ce qu'on appelle la physique des métamatériaux.

Contrairement aux approches classiques des métamatériaux sismiques qui visent à concevoir un ensemble de résonateurs couplés ressort-masse pour annuler les ondes sismiques, nous étudions ici le rôle des WTs elles-mêmes comme ensemble de résonateurs couplés qui créeraient une méta-surface avec des propriétés physiques particulières. L'une des conséquences du champ d'éoliennes décrit comme un métamatériau sismique est la mesure de courbes de dispersion anormales et de bandes interdites pour les ondes de surface, c'est-à-dire des fréquences pour lesquelles aucune propagation d'onde n'est possible.

La mesure du champ d'ondes sismiques le long d'une ligne radiale de ~20 km de long ajoutera des contraintes sur le champ d'ondes basse fréquence incident ainsi que sur le modèle de rayonnement de l'ensemble des WTs et la corrélation de ce modèle spatial avec le vent à une échelle intermédiaire. Les mesures seront comparées à des simulations numériques 3D, qui permettront de prédire le champ d'ondes sismiques en champ lointain. En superposant le champ d'ondes sismiques émis par chaque WT, nous obtiendrons des modèles d'interférences constructives ou destructives, en particulier autour des résonances de ces structures. De plus, chaque WT sera balayé par un vibromètre Lidar pour étudier localement les vibrations des WT (résonances de torsion, de flexion ou de compression). Le système DAS et plusieurs capteurs de rotation permettront de quantifier le rayonnement des vibrations des WTs dans le sol en champ proche. Enfin, les données météorologiques seront fournies par les propriétaires des parcs éoliens.

L'expérience proposée dans le projet META-WT sera la toute première sur la physique des métamatériaux appliquée à une grande échelle spatiale en sismologie, après le succès d'une expérience similaire à l'échelle du mètre dans le cadre du projet METAFORÉ. Notre approche complétera les projets de recherche récemment entrepris qui visent à atténuer les effets perturbateurs des éoliennes sur les stations sismiques.

Résumé (non confidentiel) du projet en anglais

The META-WT project is built on a 3-weeks seismic experiment in Germany with a dense seismic array of ~400 three-component geophones that will cover (1) a 2.5 km x 2.5 km wind farm with almost 200 wind turbines (WTs) and a well-studied subsurface structure and (2) a ~20-km long radial line from the center of the wind farm to the north with one geophone every ~0.75 km. New sensing technologies (fiber optic cable (DAS), rotation sensors, and Lidar vibrometer) will be used as complementary components for obtaining (3) highly resolved spatial information of the seismic wave-field and (4) investigation of modal analysis for each WT as well as (5) local 6 component wavefield information (rotation + displacement) at the bottom of some WTs.

The objective is to capture the full spatio-temporal seismic wave-field signature of the wind farm from continuous recordings of ambient noise. Due to the dense interstation distance obtained from the combination of the geophone array and the fiber optic cable deployment, the experiment allows for analyzing both small-scale wave field characteristics and the longer distance radiation pattern of the wind farm.

WTs can act as both active and passive structures for seismic waves. We thus aim to study: (1) the seismic wavefield scattered by the multiple WTs under continuous ambient noise excitation (~1 Hz); (2) the superimposed self-generated vibrations of the set of WTs transmitted to the ground as seismic noise (0.5-10 Hz). When several mechanical resonators couple to each other at a scale shorter than the wavelength, their combined vibration leads to an overall large-scale effect- the so-called metamaterial physics.

Unlike classical seismic metamaterials approaches that aim at designing a set of coupled spring-mass resonators to cancel seismic surface waves, we investigate here the role of the WTs themselves as the set of coupled resonators that would create a meta-surface with physical properties for seismic wave propagation. One of the consequences of the field of WTs described as a seismic metamaterial is the measurement of anomalous dispersion curves and frequency gaps for surface waves, i.e., frequencies with no wave propagation possible.

The measurement of the seismic wave-field along a ~20-km long radial line will add some constraints on the incoming low-frequency wave field as well as on the radiation pattern of the set of WTs and the correlation of this spatial pattern with wind at intermediate scale. The measurements will be compared with 3D numerical simulations, which will further allow predicting the far-field seismic wave-field. Superimposing the seismic wave-field emitted from each WT, we will obtain constructive or

destructive interference patterns, especially around the resonances of these structures. Moreover, each WT will be scanned by a Lidar vibrometer to locally investigate the WT vibrations (torsional, flexural or compressional resonances). The DAS system and several rotational sensors for complementary observations of the near-field motion complexity will further quantify the radiation of the WT vibrations into the ground. Finally, meteorological data will be provided by the wind farm owners.

The proposed experiment in wind farms will be the very first field test of metamaterial physics applied to a larger spatial scale in seismology after the successful recording of meter scale metamaterial properties of the subsurface within the METAFORÉ project. Our approach will be further complementary to recently completed research projects which aimed at investigating vibration and infrasound emissions in the near-field of single wind turbines and mitigating disturbing effect on seismic stations.

Remarque : les informations figurant ci-dessus dans le(s) champ(s) "Résumé (non confidentiel) du projet en français", "Résumé (non confidentiel) du projet en anglais" ont vocation à être publiées si le projet est retenu pour financement (sous réserve d'une mise à jour si besoin). En déposant un dossier, les partenaires acceptent la publication de ces informations.

Fiche Experts

Experts non souhaités pour l'évaluation du projet

Nom	Prénom	Laboratoire/Entreprise	Email	Motifs
-----	--------	------------------------	-------	--------

Commentaires

Fiche Partenaire No 1 : Identification et budget

Responsable scientifique et technique

Coordinateur de projet : Oui

Genre :	Monsieur	Titre :	Directeur de recherche
Nom :	Roux	Prénom :	Philippe
Tél :	04 76 63 52 61	Tél. portable :	0665657863
Email :	philippe.roux@univ-grenoble-alpes.fr		
Date de naissance :	10/02/1969		

Identification du partenaire

Nom complet du partenaire :	Institut des Sciences de la Terre		
Sigle du partenaire :	ISTERRE		
RNSR du partenaire :	201119454C		
Pays du partenaire :	France		
Agence de financement :	ANR		
Catégorie de partenaire :	Laboratoire public		
Base de calcul pour l'assiette de l'aide :	Coût marginal		
Partenaire labellisé Institut Carnot ?	Non	Si oui quel institut?	
Etablissement gestionnaire de financement :	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) - Siège		
N° Siret :	18008901303720		
Nature Juridique de l'établissement gestionnaire :	Établissement public national à caractère administratif		
Etablissement hébergeant :	Université Grenoble Alpes		
N° Siret :	13002608100013		
Autres tutelles :	Institut de Recherche pour le Développement (IRD) - Centre Marseille (Siège) UNIVERSITE GUSTAVE EIFFEL Université de Savoie Chambéry Annecy		

Pour un laboratoire d'organisme public de recherche :

Type d'unité :	UMR	Numéro d'unité :	5275
-----------------------	-----	-------------------------	------

Acronyme du projet : META-WT

Pour une entreprise :

Effectif (si PME) :

Adresse de réalisation des travaux	N° Rue :			
	Adresse :	1381 rue de la Piscine		
	Complément d'adresse :			
	CP :	38058	Ville :	GRENOBLE
	Cedex :	CEDEX 9 - ST MARTIN D HERES	Pays :	France

Personne habilitée à représenter juridiquement l'établissement gestionnaire (pour acte attributif)

Genre :	Monsieur			
Nom :	Petit	Prénom :	Antoine	
Fonction :	Président directeur général			
Adresse Postale	N° Rue :			
	Adresse :	3 RUE MICHEL ANGE		
	Complément d'adresse :			
	CP :	75794	Ville :	PARIS CEDEX 16
	Pays :	France		

Relevé d'identité bancaire

Nom de la banque :	TRESOR PUBLIC PARIS RGF
Coordonnées du compte IBAN (Zone Europe) au format IBAN :	FR76 1007 1750 0000 0010 0033 642
BIC/SWIFT de la banque :	TRPUFRP1

Personne chargée du suivi administratif et financier

Civilité :	Madame	Nom :	Flammier	
Prénom :	Sylvianne	Tél :	0476635206	
Fax :		Email :	isterre-gestion@univ-grenoble-alpes.fr	
Adresse Postale	N° Rue :			
	Adresse :	1381 rue de la Piscine		
	Complément d'adresse :			
	CP :	38058 CEDEX 9	Ville :	ST MARTIN D HERES
	Pays :	France		

Autres soutiens financiers*

Identification des financeurs	Nature et objet du financement	Montant sollicité	Montant obtenu
-------------------------------	--------------------------------	-------------------	----------------

* Lister les autres aides obtenues ou sollicitées par le bénéficiaire pour le même projet (Cf. le Règlement relatif aux modalités d'attribution des aides de l'ANR n° ANR-RF-2015-03). Cette liste doit être mise à jour le cas échéant.

Acronyme du projet : META-WT

Demande financière (montant HT en €, incluant la TVA non récupérable)

Personnels						Instruments et matériels (€)	Bâtiments et terrains (€)	Prestations de service et droits de PI (€)	Frais généraux non forfaitisés (€)	Total (€)
Permanents		Non permanents avec financement demandé		Non permanents sans financement demandé						
Coût (€)	Personnes .mois	Coût (€)	Personnes .mois	Coût (€)	Personnes .mois					
164 996,58	17,00	73 177,50	15,00	26 666,67	8,00	17 744,00	0,00	30 560,00	14 640,00	327 784,75

Pour information : montant maxi des frais d'environnement pris en compte 16 334,58

Frais d'environnement : Frais de la tutelle (10,0%) 10 % 13612,15 €
 Frais d'environnement : Frais de la structure de recherche (2,00%) 2 % 2722,43 €
 Total des frais 16334,58 €

Coût déclaré (€) 344 119,33

Assiette (€) 152 456,08

Taux d'aide demandée (%) 100,00

Aide demandé (€)	152 456,08	
	dont	8 000,00 € au titre de la facturation interne sur la totalité du projet
		0,00 € au titre de la facturation entre partenaires sur la totalité du projet

Fiche Partenaire No 2 : Identification et budget

Responsable scientifique et technique

Coordinateur de projet : Non

Genre : Monsieur
Nom : Ohrnberger
Tél :
Email : mao@geo.uni-potsdam.de
Date de naissance : 01/01/0001

Titre : Enseignant-chercheur/maître de conférence
Prénom : Matthias
Tél. portable :

Identification du partenaire

Nom complet du partenaire : Universitat Potsdam / Institut für Geowissenschaften
Sigle du partenaire :
RNSR du partenaire :
Pays du partenaire : Allemagne
Agence de financement : DFG
Catégorie de partenaire : Laboratoire public
Base de calcul pour l'assiette de l'aide : Coût marginal
Partenaire labellisé Institut Carnot ? Non **Si oui quel institut?**

Etablissement gestionnaire de financement :

N° Siret :

Nature Juridique de l'établissement gestionnaire :

Etablissement hébergeant :

N° Siret :

Autres tutelles :

Pour un laboratoire d'organisme public de recherche :

Type d'unité :

Numéro d'unité :

Pour une entreprise :

Effectif (si PME) :

Acronyme du projet : META-WT

Adresse de réalisation des travaux	N° Rue :	
	Adresse :	
	Complément d'adresse :	
	CP :	Ville : Potsdam
	Cedex :	Pays :

Personne habilitée à représenter juridiquement l'établissement gestionnaire (pour acte attributif)

Genre :		Prénom :	
Nom :			
Fonction :			
Adresse Postale	N° Rue :		
	Adresse :		
	Complément d'adresse :		
	CP :		Ville :
	Pays :		

Relevé d'identité bancaire

Nom de la banque :	
Coordonnées du compte IBAN (Zone Europe) au format IBAN :	
BIC/SWIFT de la banque :	

Personne chargée du suivi administratif et financier

Civilité :		Nom :	
Prénom :		Tél :	
Fax :		Email :	
Adresse Postale	N° Rue :		
	Adresse :		
	Complément d'adresse :		
	CP :		Ville :
	Pays :		

Autres soutiens financiers*

Identification des financeurs	Nature et objet du financement	Montant sollicité	Montant obtenu
-------------------------------	--------------------------------	-------------------	----------------

* Lister les autres aides obtenues ou sollicitées par le bénéficiaire pour le même projet (Cf. le Règlement relatif aux modalités d'attribution des aides de l'ANR n° ANR-RF-2015-03). Cette liste doit être mise à jour le cas échéant.

Acronyme du projet : META-WT

Demande financière (montant HT en €, incluant la TVA non récupérable)

Coût complet (€)	115656,00 €
Aide demandée (€)	115656,00 €

Fiche Partenaire No 3 : Identification et budget

Responsable scientifique et technique

Coordinateur de projet : Non

Genre : Monsieur
Nom : Pilz
Tél : +4933128828661
Email : pilz@gfz-potsdam.de
Date de naissance : 23/07/1980

Titre : Directeur de recherche
Prénom : Marco
Tél. portable :

Identification du partenaire

Nom complet du partenaire : German Research Center for Geosciences (GFZ) / Seismic Hazard and Risk Dynamics

Sigle du partenaire :

RNSR du partenaire :

Pays du partenaire : Allemagne

Agence de financement : DFG

Catégorie de partenaire : Laboratoire public

Base de calcul pour l'assiette de l'aide : Coût marginal

Partenaire labellisé Institut Carnot ? Non **Si oui quel institut?**

Etablissement gestionnaire de financement :

N° Siret :

Nature Juridique de l'établissement gestionnaire :

Etablissement hébergeant :

N° Siret :

Autres tutelles :

Pour un laboratoire d'organisme public de recherche :

Type d'unité :

Numéro d'unité :

Pour une entreprise :

Effectif (si PME) :

Acronyme du projet : META-WT

Adresse de réalisation des travaux	N° Rue :	
	Adresse :	
	Complément d'adresse :	
	CP :	Ville : Potsdam
	Cedex :	Pays :

Personne habilitée à représenter juridiquement l'établissement gestionnaire (pour acte attributif)

Genre :		Prénom :	
Nom :			
Fonction :			
Adresse Postale	N° Rue :		
	Adresse :		
	Complément d'adresse :		
	CP :		Ville :
	Pays :		

Relevé d'identité bancaire

Nom de la banque :	
Coordonnées du compte IBAN (Zone Europe) au format IBAN :	
BIC/SWIFT de la banque :	

Personne chargée du suivi administratif et financier

Civilité :		Nom :	
Prénom :		Tél :	
Fax :		Email :	
Adresse Postale	N° Rue :		
	Adresse :		
	Complément d'adresse :		
	CP :		Ville :
	Pays :		

Autres soutiens financiers*

Identification des financeurs	Nature et objet du financement	Montant sollicité	Montant obtenu
-------------------------------	--------------------------------	-------------------	----------------

* Lister les autres aides obtenues ou sollicitées par le bénéficiaire pour le même projet (Cf. le Règlement relatif aux modalités d'attribution des aides de l'ANR n° ANR-RF-2015-03). Cette liste doit être mise à jour le cas échéant.

Acronyme du projet : META-WT

Demande financière (montant HT en €, incluant la TVA non récupérable)

Coût complet (€)	92354,00 €
Aide demandée (€)	92354,00 €

TABLEAUX RECAPITULATIFS

Récapitulatif des dénominations des partenaires

	Sigle du partenaire	Nom complet du partenaire
Partenaire 1	ISTERRE	Institut des Sciences de la Terre
Partenaire		Universität Potsdam / Institut für Geowissenschaften
Partenaire		German Research Center for Geosciences (GFZ) / Seismic Hazard and Risk Dynamics