

L'invention se rapporte au domaine des éléments de sol, notamment pour des sols piétonniers. Plus particulièrement, l'invention se rapporte aux éléments de sol capables de produire de l'énergie électrique en réponse au piétinement ou à une sollicitation intermittente analogue.

5 La raréfaction et le renchérissement des sources d'énergie fossiles et la prise de conscience de leur impact négatif sur l'environnement rendent plus attractive et plus urgente la recherche de sources d'énergie alternatives. Divers gestes de la vie quotidienne mettent en jeu de l'énergie qui est largement inexploitée. Des tentatives ont été faites pour produire de l'électricité à partir notamment des déplacements à pied. Par exemple, WO-A-02054569  
10 illustre plusieurs concepts physiques pouvant servir à atteindre ce but.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un élément de sol générateur d'énergie électrique comportant :

- un plancher rigide,
- 15 un générateur d'énergie piézoélectrique disposé sous le plancher rigide,
- un organe d'actionnement disposé sous le plancher rigide pour supporter le plancher rigide et reprendre un effort de pression exercé sur le plancher rigide,
- un dispositif démultiplicateur d'effort agencé sous le plancher rigide et couplant l'organe d'actionnement au générateur d'énergie piézoélectrique pour contraindre le  
20 générateur d'énergie piézoélectrique de manière démultipliée par rapport à l'effort de pression exercé sur le plancher rigide,
- une base apte à être disposée au sol et sur laquelle sont agencés le générateur d'énergie piézoélectrique, l'organe d'actionnement et le dispositif démultiplicateur d'effort, et
- 25 une sortie électrique pour collecter l'énergie électrique générée par le générateur d'énergie piézoélectrique en réponse à l'effort de pression.

Un dispositif démultiplicateur d'effort peut être réalisé de nombreuses manières, par exemple par un effet de levier, un mécanisme à engrenage, un mécanisme à came, un mécanisme à pression hydraulique, etc.

30 Selon des modes de réalisation avantageux, un tel élément de sol peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon des modes de réalisation, le facteur de démultiplication du dispositif démultiplicateur d'effort peut être compris entre 2 et 100, de préférence entre 5 et 20.

35 Selon un mode de réalisation, l'organe d'actionnement est monté pivotant autour d'un axe, le dispositif démultiplicateur d'effort comportant un organe de transmission

pivotant solidairement avec l'organe d'actionnement autour de l'axe et présentant un bras de levier plus court que l'organe d'actionnement par rapport audit axe.

Selon un mode de réalisation, l'organe d'actionnement et l'organe de transmission sont articulés à un support rigide sur lequel le générateur d'énergie piézoélectrique est  
5 monté.

Selon un mode de réalisation, le générateur d'énergie piézoélectrique est disposé de manière à recevoir une contrainte sensiblement parallèle au plancher rigide. Une telle disposition permet de réaliser l'élément de sol de manière relativement compacte. En effet, la dimension la plus grande du générateur d'énergie piézoélectrique correspond typiquement à  
10 la direction selon laquelle il doit être contraint pour être efficace. Lorsque cette direction est horizontale, l'espace requis sous le plancher pour loger le générateur d'énergie piézoélectrique peut donc être relativement petit dans sa hauteur, par exemple inférieur à 10 cm.

Selon un mode de réalisation, l'organe d'actionnement comporte un organe de  
15 contact en contact glissant ou roulant avec une surface inférieure du plancher. Une telle disposition est utile pour accommoder des cinématiques particulières de l'organe d'actionnement, par exemple une cinématique de pivotement autour d'un axe horizontal et/ou pour limiter un bruit de fonctionnement de l'élément de sol.

Selon un mode de réalisation, l'élément de sol comporte en outre un limiteur  
20 d'enfoncement disposé sur la base pour limiter un enfoncement du plancher sous l'effet de l'effort de pression. Un tel limiteur peut être une cale rigide interférant avec le plancher ou avec l'organe d'actionnement.

Selon un mode de réalisation, la course d'enfoncement du plancher par rapport à une position de repos est limitée à une distance comprise entre 1 et 10 mm, de préférence  
25 comprise entre 3 et 7 mm.

Selon un mode de réalisation, l'élément de sol comporte en outre un limiteur de soulèvement accouplant le plancher rigide à la base pour limiter un soulèvement du plancher rigide par rapport à la base.

Selon un mode de réalisation, la position de repos du plancher rigide correspond à  
30 une position de butée du limiteur de soulèvement.

Selon un mode de réalisation, le plancher rigide comporte un bandeau périphérique s'étendant vers la base et coopérant de manière coulissante avec une paroi périphérique de la base. Un tel agencement permet d'améliorer le guidage du plancher selon une direction sensiblement perpendiculaire à sa surface.

Selon un mode de réalisation, un joint d'étanchéité est agencé entre le bandeau périphérique du plancher rigide et la paroi périphérique de la base.

Selon un mode de réalisation, l'organe d'actionnement est rappelé vers une position de repos par l'effet de la raideur élastique du générateur piézoélectrique.

5 Selon un mode de réalisation, l'élément de sol comporte une pluralité de générateurs piézoélectriques et d'organes d'actionnement correspondants dont la raideur équivalente à l'encontre de l'enfoncement du plancher est comprise entre 15 et 1500N/mm, de préférence entre 75 et 300 N/mm. Ces plages de valeur sont particulièrement adaptées à  
10 l'utilisateur marcheur et une efficacité énergétique satisfaisante pour l'exploitant de l'élément de sol. D'autres plages de raideur peuvent aussi être envisagées en fonction des caractéristiques de l'application considérée.

Selon un mode de réalisation, l'élément de sol comporte une pluralité de générateurs piézoélectriques et d'organes d'actionnement correspondants distribués sous  
15 sensiblement toute la surface du plancher de manière qu'un effort de pression exercé sur tout point du plancher sollicite au moins un des organes d'actionnement. Les générateurs piézoélectriques et les organes d'actionnement correspondants peuvent être distribués selon divers motifs, par exemple selon un quadrillage régulier ou selon une pluralité de sous-systèmes en étoile ou autres.

20 Selon un mode de réalisation, l'élément de sol comporte des conducteurs électriques reliant tous les générateurs piézoélectriques en parallèle à la sortie électrique de l'élément de sol. De tels conducteurs peuvent être réalisés de différentes manières, par exemple avec du fil électrique gainé.

Selon un mode de réalisation, les conducteurs électriques comportent un film  
25 métallique disposé sur la base et auquel est relié un pôle négatif de chacun des générateurs piézoélectriques, la sortie électrique de l'élément de sol comportant un pôle négatif également relié au film métallique disposé sur la base. Cette disposition est une manière simple de réaliser le branchement électrique des générateurs en limitant les câbles.

Un générateur d'énergie piézoélectrique désigne un dispositif qui comporte au  
30 moins un bloc de matière piézoélectrique relié à des électrodes pour créer une différence de potentiel entre ces électrodes en réponse à une sollicitation mécanique. Selon un mode de réalisation, le générateur d'énergie piézoélectrique comporte un empilement de couches de matière piézoélectrique intercalées avec des électrodes conductrices. De nombreuses matières piézoélectriques peuvent être employées dans ce but. En particulier, les céramiques

piézoélectriques massives constituent une solution attrayante en termes d'efficacité et de prix de revient, à condition de produire des contraintes suffisamment élevées.

Une idée à la base de l'invention est de construire un élément de sol générateur d'électricité qui allie des caractéristiques attrayantes, notamment en termes de prix de  
5 revient, d'efficacité énergétique et/ou de confort d'utilisation. Certains aspects de l'invention partent du constat que le poids d'un piéton n'est généralement pas suffisant pour solliciter de manière efficace un générateur d'énergie piézoélectrique, en particulier à base de céramique massive ou multicouche.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et  
10 avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- La figure 1 est une représentation schématique en perspective d'un élément de sol selon un mode de réalisation.
- 15 • La figure 2 est une représentation schématique plane d'un dispositif démultiplicateur à levier pouvant être utilisé dans l'élément de sol de la figure 1.
- La figure 3 est une représentation schématique en perspective d'un autre dispositif démultiplicateur à levier pouvant être utilisé dans l'élément de sol de la figure 1.
- La figure 4 est une vue schématique en coupe du dispositif de la figure 3.
- 20 • La figure 5 est une vue schématique en perspective éclatée d'un mode de réalisation d'un générateur d'énergie piézoélectrique pouvant être utilisé dans l'élément de sol de la figure 1.
- La figure 6 est une vue schématique en perspective d'une structure de base pouvant être utilisée dans l'élément de sol de la figure 1.
- 25 • La figure 7 est une vue de dessus de la structure de base de la figure 6.
- Les figures 8 et 9 sont des représentations schématiques en coupe transversale de l'élément de sol de la figure 1.
- La figure 10 est une vue schématique de dessus de l'élément de sol selon un autre mode de réalisation.
- 30 • La figure 11 est une représentation schématique fonctionnelle d'un système électrique comportant un élément de sol générateur d'énergie.

On désigne ci-dessous par élément de sol une structure apte à être disposée horizontalement sur le sol pour offrir une surface apte à être foulée par un être animé, notamment un être humain. L'élément de sol peut être réalisé avec différentes géométries,

notamment toute géométrie adaptée à réaliser un pavage d'une surface plane. Selon le mode de réalisation représenté sur la figure 1, l'élément de sol se présente comme un caisson 10 de forme globale parallélépipédique aplatie. Un tel élément de sol peut être intégré dans le plancher d'un bâtiment ou le revêtement de sol d'un lieu extérieur, isolément ou juxtaposé à d'autres éléments de sol pour couvrir une superficie plus importante.

En référence à la figure 1, le caisson générateur d'énergie 10 comporte une structure de base 1 de forme en section rectangulaire dont la surface inférieure est destinée à reposer horizontalement sur le sol du lieu d'utilisation et une structure de couvercle 2 disposée au-dessus de la structure de base 1 de manière à pouvoir coulisser et/ou basculer verticalement par rapport à celle-ci. La structure de couvercle 2 comporte une paroi de plancher rigide 3 et un bandeau périphérique 4 s'étendant vers la structure de base 1 de manière à chevaucher extérieurement une paroi périphérique 5 de la structure de base 1.

La surface extérieure de la paroi de plancher 3 peut être revêtue d'un revêtement antidérapant adapté à la pratique de la marche.

Dans le caisson 10, entre la structure de base 1 et la structure de couvercle 2 se trouvent un ou plusieurs générateurs d'énergie piézoélectriques, un ou plusieurs organes d'actionnement supportant la paroi de plancher 3 pour reprendre les efforts de pression exercés sur elle et un ou plusieurs dispositifs démultiplicateurs d'effort couplant à chaque fois le ou un des organes d'actionnement à le ou un des générateurs d'énergie piézoélectriques. Ces éléments non visibles sur la figure 1 sont complétés par un circuit électrique interne qui relie électriquement chaque générateur d'énergie piézoélectrique à une sortie électrique, constituée ici d'un câble électrique 6, servant à transférer l'électricité générée vers l'extérieur. La sortie électrique pourrait aussi être constituée d'un connecteur électrique monté sur la structure de base 1 ou la structure de couvercle 2.

En référence à la figure 2, on décrit un premier exemple d'un sous-système pouvant être agencé dans le caisson 10. Le sous-système 20 comporte un étrier de support 11 disposé sur une paroi de fond 9 de la structure de base 1. L'étrier de support 11 porte un générateur piézoélectrique 13 du type capable de produire une tension électrique en réponse à une contrainte de compression exercée entre ses surfaces d'extrémité 14 et 15. Le générateur piézoélectrique 13 est maintenu horizontalement en appui entre un élément de fixation 16, par exemple une vis fixée à l'étrier 11, et un bras de transmission 17 de longueur  $\ell$  appartenant à un levier pivotant 21. Le levier 21 est monté pivotant autour d'un axe horizontal 19 par rapport à l'étrier 11 et comporte un bras d'actionnement 18 s'étendant sensiblement perpendiculairement au bras de transmission 17 et présentant une longueur L

supérieure à  $\ell$ . En service, la paroi de plancher 3 prend appui sur l'extrémité du bras d'actionnement 18 de manière à lui transmettre un effort de pression  $f$ , résultant du poids propre de la structure de couvercle 2 et du poids de tout corps disposé sur la paroi de plancher 3. La force de compression  $F$  exercée sur le générateur piézoélectrique 13 en  
 5 réponse à l'effort  $f$  est

$$F=R.f,$$

où  $R$  désigne le coefficient démultiplicateur du levier 21. En vertu du principe de conservation du moment, on a sensiblement :

$$R=L/\ell.$$

10 Ainsi, une force de compression  $F$  variant de manière intermittente dans une grande plage d'amplitude peut être exercée sur la générateur 13 en réponse au passage de piétons sur la paroi de plancher 3, de manière à produire de l'énergie électrique. Le circuit électrique permettant de collecter cette énergie n'est pas représenté sur la figure 2.

Le coefficient  $R$  est choisi par un dimensionnement correspondant du levier 21.

15 Dans un exemple de réalisation, le générateur 13 est constitué de deux barreaux cylindriques de céramique piézoélectrique ayant environ 6mm de diamètre disposés bout à bout, Chacun faisant environ 15 mm de longueur et étant revêtu d'une électrode d'argent sur ses deux extrémités. Le coefficient  $R$  dans ce cas est de l'ordre de 10 pour une application piétonne, de manière à exercer un effort  $F$  d'environ 800kg en réponse au passage d'une personne  
 20 d'environ 80kg.

Les figures 3 et 4 illustrent un autre sous-système 30 fonctionnant selon un principe similaire. Les éléments identiques ou similaires à ceux de la figure 2 portent le même chiffre de référence.

Le levier 21 est ici formé d'un ensemble de deux bras parallèles 18 liés entre eux, à  
 25 une première extrémité, par une tige d'axe 19 à section triangulaire et, à l'autre extrémité, par un plateau de support 26. Un patin de contact 27 est monté sur le plateau 26 pour venir en contact glissant avec une surface inférieure de la paroi de plancher 3.

L'étrier 11 comporte ici un cadre rectangulaire formé d'une plaque inférieure 23, une plaque supérieure 22, une plaque de bout 24 perpendiculaire à celles-ci et deux montants  
 30 latéraux 25 parallèles situés à l'autre bout des plaques 22 et 23 par rapport à la plaque 24. Le levier 21 est articulé à l'étrier 11 par le moyen de deux encoches rectangulaires 28 ménagées à mi-hauteur des montants 25 et dans lesquelles est engagée la tige d'axe 19. La vis de fixation 16 est vissée à travers la paroi 24 et maintient le générateur piézoélectrique 13 en appui entre elle et une arête 17 de la tige d'axe 19 qui est tournée vers l'intérieur de l'étrier

11. Une arête opposée 29 de la tige d'axe 19 est en appui contre le fond des encoches 28 et forme un axe de pivotement pour le levier 21 par rapport à l'étrier 11. La tige 19 n'étant pas ronde, son pivotement modifie la distance projetée sur l'axe horizontal entre les deux arêtes 17 et 29, ce qui permet d'exercer la force de compression  $F$  sur le générateur piézoélectrique 13 par pivotement du levier 21. Sur le détail agrandi de la figure 4, la tige 19 est représentée en trait continu dans une position de repos et représentée en trait interrompu dans une position résultant d'un pivotement du levier 21 vers le bas.

Ce sous-système 30 peut être fabriqué à un coût assez modique, le levier 21 et l'étrier 11 étant par exemple en tôle emboutie et la tige d'axe 19 en acier fritté.

10 En référence à la figure 5, on décrit maintenant un autre exemple de générateur piézoélectrique pouvant être utilisé dans les sous-systèmes 20 et 30. Le générateur d'électricité 40 comporte un tube de protection 41 en matière isolante, par exemple en plastique, à l'intérieur duquel est logé un empilement de pastilles de céramique piézoélectrique 42 alternées avec des électrodes conductrices 43 et 44. Deux bouchons en 15 matière rigide 48 et 49 ferment les extrémités du tube 41. Le tube comporte deux encoches longitudinales 47 diamétralement opposées pour laisser sortir des pattes de liaison des électrodes 43 et 44. Les électrodes 44 de rang impair dans l'empilement sont reliées à une première borne électrique 45 du générateur et les électrodes 43 de rang pair à une deuxième borne électrique 46. En service, le générateur d'électricité 40 produit une tension transitoire 20 entre les bornes 45 et 46, par exemple de l'ordre de 0,1 à 10kV, en réponse à un effort de compression axial. Selon une réalisation particulière, une pastille piézoélectrique 42 peut avoir une épaisseur de l'ordre de 1 à 4 mm. Les pastilles 42 sont préférablement prévues en nombre suffisant pour obtenir une longueur cumulée de l'empilement de l'ordre de 20 à 40mm.

25 Des sous-systèmes tels que les sous-systèmes 20 et 30 peuvent être disposés en nombre quelconque sur la structure de base 1 pour supporter la paroi de plancher 3 sur les leviers 21. Les matériaux piézoélectriques présentant une raideur élastique élevée, il est possible mais non nécessaire d'installer un ressort de rappel supplémentaire pour rappeler le levier 21 vers sa position relevée. De préférence, par mesure d'économie, ce rappel élastique 30 peut être obtenu par l'unique effet de la raideur du générateur piézoélectrique 13.

Le nombre et la disposition des sous-systèmes dans un élément de sol peuvent être choisis en fonction de la forme et de la dimension du caisson 10. De préférence cette disposition doit assurer que tout appui sur la paroi de plancher 3 sollicite au moins un générateur d'énergie.

En référence à la figure 6, on décrit un exemple de réalisation de la structure de base 1 employant des sous-systèmes 50 au nombre de 20 disposés sous la forme de quatre étoiles 55 comportant cinq sous-systèmes 50 chacune. Le sous-système 50 est similaire au sous-système 30, hormis le remplacement du patin de contact 27 par un rouleau de contact 51. Le rouleau de contact 51 est monté pivotant sur le levier 21 et présente un axe parallèle à l'axe de pivotement du levier 21 par rapport à l'étrier 11. Ainsi le rouleau 51 peut rouler sur la surface inférieure de la paroi de plancher 3 lorsque le levier 21 s'abaisse sous l'effort de pression f.

La disposition en étoiles des sous-systèmes 50 présente plusieurs avantages :

- 10 - Répartir les sous-systèmes relativement régulièrement sous toute la paroi de plancher 3
- Limiter les pièces de fixation utilisées pour cela, puisque le disque de fixation 52 permet d'attacher cinq sous-systèmes 50, voire plus, au moyen d'une unique vis de fixation centrale 53 liant le disque de fixation 52 à la paroi de fond 9.
- 15 - En outre, la vis 53 peut être réalisée de manière à servir simultanément de limiteur de soulèvement, comme il sera décrit plus bas.

D'autres aspects de la structure de base 1 apparaissent sur la figure 7, qui est une vue de dessus montrant un mode de réalisation du circuit électrique interne du caisson générateur d'énergie 10. Dans ce mode de réalisation, les bornes négatives des générateurs d'électricité sont à chaque fois reliées à l'étrier de support 11 correspondant, qui est réalisé en métal conducteur. De plus, un film métallique 57 est disposé sur la paroi de fond 9, par exemple avec une découpe en forme de croix, pour relier entre eux tous les étriers de support 11 de manière à former la masse électrique du caisson. Un fil électrique 58 relie le film 57 à la borne de masse 59 de la sortie électrique 6 du caisson. La borne positive 60 de cette sortie est reliée par quatre fils électriques 61 branchés en parallèle aux quatre étoiles 55. Au niveau d'une étoile 55, le fil 61 est relié en parallèle à la borne positive de chacun des générateurs d'électricité par un fil collecteur respectif 62.

30 En service, le caisson générateur d'énergie 10 est disposé dans un lieu où il est susceptible d'être piétiné par des passants. Avec la disposition des figures 6 et 7, la réponse du caisson 10 est relativement isotrope, c'est-à-dire indépendante de la direction de déplacement du piéton. D'autres dispositions des sous-systèmes peuvent aussi garantir cette



isotropie. Par exemple, des sous-systèmes peuvent être disposés régulièrement selon un maillage carré.

Dans un exemple de réalisation, la raideur résultante des sous-systèmes disposés dans le caisson est réglée pour provoquer un débattement de l'ordre de 5mm sous le poids d'un adulte. Pour cela, dans un caisson dimensionné de manière à recevoir statistiquement une seule personne à la fois, la raideur totale peut être de l'ordre de 75 à 300 N/mm, de préférence autour de 150N/mm. Cette raideur totale est représentée symboliquement par un ressort 65 sur la figure 9. Pour un agencement de 20 sous-systèmes tel que représenté sur les figures 6 et 7, cela revient donc à une raideur d'environ 8N/mm pour un sous-système 50.

La figure 9 montre aussi schématiquement l'agencement d'un joint d'étanchéité 66 entre le bandeau périphérique 4 de la structure de couvercle 2 et la paroi périphérique 5 de la structure de base 1.

Les figures 8 et 9 font aussi apparaître des cales de limitation 68 et des limiteurs de soulèvement 69 dont le rôle va maintenant être décrit.

Le limiteur de soulèvement 69 est un dispositif mécanique qui limite la course ascendante de la structure de couvercle 2 par rapport à la structure de base 1, pour assurer sa stabilité et éviter tout coincement. Comme visible sur la figure 9, le limiteur de soulèvement 69 peut être réalisé de la manière suivante : un goujon fileté 70 fixé à la paroi de fond 9 de la structure de base 1 s'étend sur la hauteur du caisson pour s'engager dans un perçage 75 de la paroi de plancher 3 comportant un étage étroit 71 et un étage plus large 72, aussi appelé lamage, reliés par un épaulement 73. Un écrou 74 est fixé à l'extrémité du goujon 70 dans l'étage 72 du perçage 75 et limite le soulèvement de la paroi de plancher 3 en prenant appui contre l'épaulement 73.

Selon un mode de réalisation esquissé en trait interrompu sur la figure 9, le limiteur de soulèvement peut coïncider avec le centre d'une étoile 55, le goujon 70 portant alors en plus un écrou 153 pour fixer par serrage la plaque 52 contre les étriers des sous-systèmes.

Le limiteur de soulèvement 69 est réglé de préférence de manière à précontraindre légèrement la paroi de plancher 3 contre les leviers 21 dans un état de repos du caisson, en l'absence de toute charge sur la paroi de plancher 3. Cet état de repos est représenté en trait continu sur la figure 8. Ainsi, aucun jeu ou bruit de fonctionnement indésirable n'est susceptible de se produire dans cette position. Le limiteur de soulèvement 69 permet à la structure de couvercle 1 de s'abaisser sous une charge à partir de cette position de repos, en faisant pivoter les leviers 21.

Pour le confort de fonctionnement du caisson, il est préférable que la course d'abaissement de la structure de couvercle 1 soit limitée. Les cales de limitation 68 sont prévues pour cela. Les cales de limitation peuvent être réalisées simplement à l'aide de blocs rigides fixées à la paroi de fond 9 au niveau des bords du caisson. Le dimensionnement des cales 68 est prévu pour placer la surface supérieure de la cale 68 à une distance contrôlée 80 de la surface inférieure de la paroi de plancher 3 dans la position de repos. La distance 80 représente la course d'enfoncement maximale et peut être par exemple d'environ 5mm. Sur la figure 9, la position d'enfoncement maximal de la paroi de plancher 3 en réponse à une charge exercée sur son bord droit est représentée en trait interrompu.

10 La paroi de plancher 3 doit être suffisamment rigide pour répartir la charge à chaque fois sur plusieurs leviers, quel que soit son point d'application, de manière à solliciter efficacement les leviers 21 avant d'arriver en butée au niveau d'une cale 68. De plus, en réglant correctement la raideur des sous-systèmes supportant la structure de couvercle 1, aucun bruit de fonctionnement substantiel n'est produit lors du contact entre la paroi de  
15 plancher 3 et une cale 68 sous des charges ordinaires.

La figure 10 montre un positionnement possible des cales de limitation 68 et des limiteurs de soulèvement 69 dans le cas d'un caisson carré. Selon un exemple de réalisation, la dimension d'un tel caisson peut être d'environ 70cm de côté pour une hauteur d'environ 6cm.

20 En référence à la figure 11, on décrit maintenant la manière dont les éléments de sol précités peuvent être utilisés pour produire de l'énergie électrique. Un système électrique 90 comporte un élément de sol 91 dont la sortie électrique est reliée à un dispositif de traitement du courant 92, lui-même relié à un dispositif de stockage ou de consommation du courant 93.

25 L'énergie électrique produite par l'élément de sol sous l'action des efforts de pression intermittents résultant du passage de piétons présente initialement la forme d'impulsions électriques 96 à haute ou très haute tension, par exemple entre 10V et 10kV. De telles impulsions ne sont pas nécessairement utilisables pour une application courante. Le dispositif de traitement du courant 92 transforme ce courant impulsionnel sous une forme  
30 plus exploitable. Pour cela, le dispositif de traitement du courant 92 comporte par exemple trois éléments : un redresseur de tension pour produire une tension redressée, un dispositif électronique adapté à transformer les impulsions en tension continue et un transformateur abaisseur de tension pour produire une tension continue utile dans des applications courantes, par exemple à 12V ou 24V. Ces trois éléments peuvent être intégrés de diverses

manières. Le courant traité 97 est ensuite transmis à un dispositif 93 de stockage électrique, à un appareil consommateur d'énergie, par exemple éclairage, ou injecté dans un réseau de distribution d'électricité. En variante, certaines des fonctions des dispositifs 92 et 93 pourraient être installées dans l'élément de sol 91.

5 Une énergie valorisable est ainsi obtenue par le simple passage de piétons sur le caisson générateur d'énergie sans aucune fatigue ni gêne supplémentaire pour ceux-ci. Il a été déterminé que le passage sur un caisson générateur d'énergie tel que décrit ci-dessus, avec une course d'enfoncement d'environ 5 mm, pouvait produire chez l'utilisateur une sensation similaire à la marche sur une moquette ou un tapis.

10 Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec plusieurs modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes  
15 conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication. L'usage de l'article indéfini « un » ou « une » pour un élément ou une étape n'exclut pas, sauf mention contraire, la présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes. Plusieurs moyens ou modules peuvent être représentés par un même élément matériel.

20 Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

## REVENDICATIONS

1. Elément de sol générateur d'énergie électrique (10) comportant :  
un plancher rigide, (3)  
un générateur d'énergie piézoélectrique (13) disposé sous le plancher rigide,  
5 un organe d'actionnement (18, 27, 51) disposé sous le plancher rigide pour supporter le plancher rigide et reprendre un effort de pression exercé sur le plancher rigide,  
un dispositif démultiplicateur d'effort (19, 17) agencé sous le plancher rigide et couplant l'organe d'actionnement au générateur d'énergie piézoélectrique pour contraindre le générateur d'énergie piézoélectrique de manière démultipliée par rapport à l'effort de  
10 pression exercé sur le plancher rigide,  
une base (9) apte à être disposée au sol et sur laquelle sont agencés le générateur d'énergie piézoélectrique, l'organe d'actionnement et le dispositif démultiplicateur d'effort, et  
une sortie électrique (6) pour collecter l'énergie électrique générée par le générateur d'énergie piézoélectrique en réponse à l'effort de pression.
- 15 2. Elément de sol selon la revendication 1, dans lequel l'organe d'actionnement (18) est monté pivotant autour d'un axe (19), le dispositif démultiplicateur d'effort comportant un organe de transmission (17) pivotant solidairement avec l'organe d'actionnement autour de l'axe et présentant un bras de levier plus court que l'organe d'actionnement par rapport audit axe.
- 20 3. Elément de sol selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le générateur d'énergie piézoélectrique (13) est disposé de manière à recevoir une contrainte sensiblement parallèle au plancher rigide.
4. Elément de sol selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'organe d'actionnement comporte un organe de contact (27, 51) en contact glissant ou roulant avec  
25 une surface inférieure du plancher.
5. Elément de sol selon l'une des revendications 1 à 4, comportant en outre un limiteur d'enfoncement (68) disposé sur la base pour limiter un enfoncement du plancher sous l'effet de l'effort de pression.
6. Elément de sol selon la revendication 5, dans lequel la course  
30 d'enfoncement du plancher par rapport à une position de repos est limitée à une distance comprise entre 1 et 10 mm, de préférence comprise entre 3 et 7 mm.
7. Elément de sol selon l'une des revendications 1 à 6, comportant en outre un limiteur de soulèvement (69) accouplant le plancher rigide à la base pour limiter un soulèvement du plancher rigide par rapport à la base.

8. Elément de sol selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le plancher rigide comporte un bandeau périphérique (4) s'étendant vers la base et coopérant de manière coulissante avec une paroi périphérique (5) de la base, un joint d'étanchéité (66) étant agencé entre le bandeau périphérique du plancher rigide et la paroi périphérique de la base.

9. Elément de sol selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel l'organe d'actionnement est rappelé vers une position de repos essentiellement par l'effet de la raideur élastique du générateur piézoélectrique (13), l'élément de sol comportant une pluralité de générateurs piézoélectriques et d'organes d'actionnement correspondants (20, 30, 50) distribués sous sensiblement toute la surface du plancher de manière qu'un effort de pression exercé sur tout point du plancher sollicite au moins un des organes d'actionnement, la raideur équivalente de la pluralité de générateurs piézoélectriques et d'organes d'actionnement correspondants à l'encontre de l'enfoncement du plancher étant comprise entre 15 et 1500N/mm, de préférence entre 75 et 300 N/mm.

10. Elément de sol selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel des conducteurs électriques (57, 61) relient tous les générateurs piézoélectriques en parallèle à la sortie électrique de l'élément de sol, les conducteurs électriques comportant un film métallique (57) disposé sur la base et auquel est relié un pôle négatif de chacun des générateurs piézoélectriques, la sortie électrique de l'élément de sol comportant un pôle négatif également relié au film métallique disposé sur la base.

## Elément de sol générateur d'énergie électrique

### ABREGE

Un élément de sol générateur d'énergie électrique (10) comporte :

- 5 un plancher rigide, (3)  
un générateur d'énergie piézoélectrique disposé sous le plancher rigide,  
un organe d'actionnement disposé sous le plancher rigide pour supporter le plancher rigide et reprendre un effort de pression exercé sur le plancher rigide,  
un dispositif démultiplicateur d'effort agencé sous le plancher rigide et couplant l'organe
- 10 d'actionnement au générateur d'énergie piézoélectrique pour contraindre le générateur d'énergie piézoélectrique de manière démultipliée par rapport à l'effort de pression exercé sur le plancher rigide,  
une base (1) apte à être disposée au sol et sur laquelle sont agencés le générateur d'énergie piézoélectrique, l'organe d'actionnement supportant le plancher rigide et le dispositif
- 15 démultiplicateur d'effort et  
une sortie électrique (6) pour collecter l'énergie électrique générée par le générateur d'énergie piézoélectrique en réponse à l'effort de pression.

**Figure à publier : 1**