



Tero Karvinen
Kimmo Karvinen
Ville Valtokari

Make:

Les capteurs

pour

Arduino et Raspberry Pi

Tutoriels et projets

*Traduit de l'américain
par Dominique Maniez*

DUNOD

Toutes les marques citées dans cet ouvrage sont des
marques déposées par leurs propriétaires respectifs.

Authorized French translation of material from the English edition of
Make:Sensors ISBN 978-1-4493-6810-4

© 2014 Tero Karvinen, Kimmo Karvinen and Ville Valtokari
published by Maker Media Inc.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media Inc.,
which owns or controls all rights to sell the same.

Adaptation française de la couverture : WIP

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage. Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements	d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).
	

© Dunod, 2014 pour la version française

5 rue Laromiguière, 75005 Paris
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-071828-3

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

AVANT-PROPOS	IX
CHAPITRE 1 • RASPBERRY PI	1
Premier démarrage du Raspberry Pi	2
Introduction à Linux	7
Connexions des broches du Raspberry Pi	11
GPIO sans root	18
GPIO en Python	20
CHAPITRE 2 • ARDUINO	25
Installation de base d'Arduino	26
CHAPITRE 3 • MESURER LES DISTANCES	31
Expérience : mesure de la distance avec un ultrason (PING)	31
Capteur à ultrasons HC-SR04	36
Expérience : détection des obstacles avec l'infrarouge (capteur de distance infrarouge)	42
Expérience : comment voir l'infrarouge	45
Expérience : suivez le mouvement grâce à l'infrarouge (œil composé infrarouge)	46
Projet : alarme posturale (Arduino)	54
CHAPITRE 4 • DÉTECTER FUMÉES ET GAZ	61
Expérience : détecteur de fumée (capteur analogique de gaz)	61
Projet : envoi d'un courriel en cas de fumée	69

CHAPITRE 5 • PERCEVOIR LE TOUCHER	77
Expérience : allumage d'une LED avec un bouton	77
Expérience : microrupteur	81
Expérience : potentiomètre (résistance variable)	84
Expérience : percevoir le toucher sans toucher (capteur de toucher capacitif QT113)	88
Expérience : détecter le toucher à travers le bois	91
Expérience : sentez la pression (FlexiForce)	92
Expérience : construisez votre propre capteur tactile	95
Projet : sonnette hantée	98
 CHAPITRE 6 • DÉTECTER LES MOUVEMENTS	 105
Expérience : détecter le sens avec un capteur d'inclinaison	105
Expérience : de bonnes vibrations avec une interruption (capteur de vibration numérique)	108
Expérience : tournez le bouton	111
Expérience : mini-joystick (analogique deux axes)	114
Expérience : développement durable avec une manette	118
Expérience : alarme antivol (capteur infrarouge passif)	119
Projet : Pong	125
 CHAPITRE 7 • DÉTECTER LA LUMIÈRE	 135
Expérience : détection de flamme (capteur de flamme)	135
Expérience : précision de la flamme	138
Expérience : voir la lumière (photorésistance)	139
Expérience : une direction	142
Expérience : suivez la ligne	143
Expérience : le noir est blanc	146
Expérience : toutes les couleurs de l'arc-en-ciel	147
Projet : dôme caméléon	153
 CHAPITRE 8 • MESURER L'ACCÉLÉRATION	 167
Accélération et vitesse angulaire	167
Expérience : on accélère avec le MX2125	168
Expérience : on combine un accéléromètre et un gyroscope	173
Expérience : détournement d'un Nunchuk (avec I2C)	188
Projet : main robotisée contrôlée par le Nunchuk Wii	194
 CHAPITRE 9 • ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME	 201
Expérience : tension et courant	201

Expérience : est-ce magnétique ?	205
Expérience : nord magnétique avec la boussole-accéléromètre LSM303	209
Expérience : capteur à effet Hall	220
Projet : contrôle d'une pile solaire par Internet	223
 CHAPITRE 10 • ENTENDRE LES SONS	 231
Expérience : entendre des voix et percevoir un niveau sonore	231
Expérience : pouvez-vous entendre une épingle tomber ?	234
Projet : visualisez le son sur le port HDMI	235
 CHAPITRE 11 • CONSTRUIRE UNE STATION MÉTÉO	 241
Expérience : est-ce qu'il fait chaud ici ?	241
Expérience : changement de température	244
Expérience : est-ce que c'est humide ici ?	244
Capteur de pression atmosphérique GY65	251
Expérience : est-ce que votre plante a besoin d'être arrosée ? (capteur d'humidité de sol)	260
Projet : prévision météo sur papier électronique	263
Expérience : pas d'alimentation !	272
Stockage des images dans des fichiers d'en-tête	272
Conseils de packaging	274
 ANNEXE – RÉFÉRENCES PRATIQUES SUR LA VERSION LINUX DU RASPBERRY PI	 277
 INDEX	 279

Avant-propos

Grâce à ce livre, vous allez bientôt pouvoir réaliser des objets capables d'analyser leur environnement. Vous allez utiliser des capteurs pour mesurer le monde physique, représenter le résultat sous la forme d'une valeur numérique et agir en fonction de cette valeur.

Les **capteurs** peuvent mesurer la chaleur, la pression, la lumière ou l'accélération et afficher une valeur (22°C, 1 015 millibars ou accélération de 2,3 g ; vous noterez que dans le cas de la lumière on représente la valeur sous la forme d'un booléen, oui/non, au lieu d'une valeur numérique).

Le **microcontrôleur** constitue le cerveau du robot, du système ou du gadget que vous allez construire. Vous allez écrire votre propre logiciel qui sera exécuté sur ce microcontrôleur. Dans ce livre, vous allez travailler avec deux cartes très populaires : Arduino et Raspberry Pi. Ces deux microcontrôleurs facilitent l'écriture de programmes exploitant des composants électroniques.

LAISSEZ S'EXPRIMER VOTRE CRÉATIVITÉ

Si votre passion pour l'électronique a débuté avec la volonté d'apprendre rapidement les bases pour concevoir ensuite vos propres robots, gadgets ou projets, vous avez choisi le bon ouvrage. Ce livre va vous apprendre comment mettre rapidement vos idées en pratique.

La théorie, les compétences et les bases sont utiles pour autant qu'elles sont au service de votre créativité. Sentez-vous libre d'expérimenter vos idées et ayez le courage de publier vos résultats sur le Web.

Chaque chapitre présente un mini-projet qui illustre la manière de combiner différentes technologies. Par exemple, vous allez construire un dôme lumineux qui change de couleur en fonction de son environnement ou bien un détecteur de fumée qui vous avertit par courriel. Ce sont des projets amusants qui constituent aussi de bons points de départ pour vos futures réalisations.

Les compétences que vous allez acquérir avec Arduino sont facilement applicables à des projets professionnels. En ce qui nous concerne, nous avons utilisé un Arduino pour créer un prototype de capteur solaire pour le premier satellite finlandais ([Figure 1](#)).



Figure 1 La Finlande lance son premier satellite en 2014.
Nous avons conçu et réalisé le prototype du capteur solaire avec un Arduino

COMMENT LIRE CE LIVRE

À partir d'une idée, vous allez pouvoir rapidement créer un prototype à l'aide de ce livre. Au lieu de passer des heures avec les notices techniques des composants, vous pouvez simplement choisir un capteur, puis utiliser un schéma et un programme prêts à l'emploi. Vous pouvez utiliser les capteurs comme des briques de construction pour votre projet, mais à la différence du Meccano ou du Lego, les possibilités avec Arduino et Raspberry Pi sont presque illimitées.

Si vous savez ce que vous voulez mesurer, vous trouverez facilement le capteur qui convient. L'ouvrage est organisé en chapitres qui couvrent les phénomènes physiques que l'on peut mesurer :

- Distance ([Chapitre 3](#))
- Fumée et gaz ([Chapitre 4](#))
- Toucher ([Chapitre 5](#))
- Mouvement ([Chapitre 6](#))
- Lumière ([Chapitre 7](#))
- Accélération et mouvement angulaire ([Chapitre 8](#))
- Électricité ([Chapitre 9](#))
- Son ([Chapitre 10](#))
- Météo ([Chapitre 11](#))

Vous pouvez aussi utiliser ce livre comme source d'inspiration et le feuilleter pour avoir des idées des technologies disponibles et ainsi penser à de nouveaux projets.

Si vous voulez comprendre comment les capteurs sont connectés à un Arduino et à un Raspberry Pi, vous apprécierez les explications détaillées. Tous les exemples de code sont totalement

indépendants et illustrent parfaitement l'interaction avec le capteur. La compréhension du fonctionnement des capteurs de cet ouvrage vous aidera à appliquer vos compétences à de nouveaux capteurs, même s'ils ne sont pas encore sur le marché.

Les capteurs que nous avons choisis constituent un échantillon aussi varié qu'utile, et leur facilité ou leur difficulté d'emploi n'a pas été un critère de sélection. Cela signifie que vous disposez d'une grande palette de solutions qui relèvent des défis techniques à l'aide de capteurs connectés à un Arduino et un Raspberry Pi.

Dans chaque chapitre, vous trouverez des **expériences**, des **tests d'environnement** et un projet final :

1. Les **expériences** fournissent de brèves instructions sur la manière d'utiliser un capteur avec un Arduino et un Raspberry Pi. Vous pouvez facilement les utiliser comme briques de construction pour vos propres projets ou bien simplement voir comment le capteur fonctionne.
2. Les **tests d'environnement** permettent de tester les capteurs et d'analyser les modifications de l'environnement. Cela vous donne une idée de la manière dont les capteurs perçoivent le monde et fonctionnent réellement.
3. Les capteurs sont plus intéressants quand on réalise quelque chose avec les résultats qu'ils fournissent. Vous allez **réaliser un projet**, construire un appareil basé sur un capteur et apprendre ainsi à utiliser différents périphériques de sortie.

ENTRÉE, TRAITEMENT ET SORTIE

Tous les robots ou gadgets que vous allez construire doivent gérer trois choses : **entrée, traitement et sortie**.

1. Comme la plupart des appareils que vous allez monter ne possèdent ni clavier ni souris, les capteurs constituent les entrées.
2. Le traitement est réalisé par le programme qui s'exécute sur l'Arduino ou le Raspberry Pi. C'est votre programme qui décide de ce qui va se passer.
3. La sortie affecte le monde qui entoure l'appareil. Vous pouvez allumer une LED, activer un servo, ou bien émettre un son. Il s'agit là des principaux types de sorties, mais il y en a d'autres (par exemple, une rétroaction haptique, comme une vibration, l'affichage d'un message sur un écran à encre électronique, ou bien encore l'activation d'un appareil électroménager).

PROTOCOLES

Un **protocole** définit la manière dont un capteur communique avec le microcontrôleur. Le protocole indique le branchement des câbles et la façon dont le code doit traiter les mesures.

Même s'il y a une quantité impressionnante de capteurs différents, il existe un nombre limité de protocoles. Vous apprendrez chacun de ces protocoles au fur et à mesure que vous réaliserez les expériences et les projets, mais voici un aperçu des protocoles que vous rencontrerez (voir aussi le [Tableau 1](#)).

Protocole	Ex. de valeur	Arduino	Raspberry Pi (Python)	Ex. de capteurs
Résistance numérique	1 ou 0	<code>digitalRead()</code>	<code>botbook_gpio.read()</code>	Bouton, capteur IR, capteur d'inclinaison, mouvement IR passif.
Résistance analogique	5%, 10%, 23 C	<code>analogRead()</code>	<code>botbook_mcp3002.readAnalog(),chip</code>	Potentiomètre, photorésistance, détecteur d'alcool MQ-3, détecteur de gaz MQ X (fumée, hydrocarbure, CO...), pression FlexiForce, flamme KY-026, couleur HDJD-S822-QR999, température LM35, humidité
Durée d'impulsion	20 millisecondes	<code>pulseIn()</code>	<code>gpio.pulseInHigh()</code>	Ping et distance ultrasons. HC-SR04, accélération MX2125.
Port série	A9B3C5B3C5	<code>Serial.read()</code>	<code>pySerial.read()</code>	Scanner GT-511C3
I2C	(2,11 g, 0,0 g, 0,1 g), valeurs très précises	<code>Wire.h</code>	<code>smbus</code>	Wii Nunchuk, accéléromètre MPU 6050, pression atmosphérique GY65
SPI	57°C, valeurs très précises	Bit-banging	<code>spidev</code>	Convertisseur analogique-numérique MCP3002
Bits encodés en impulsions très courtes	53 %	Bit-banging	Bit-banging	Humidité DHT11

Tableau 1 Protocoles des capteurs, du plus simple au plus complexe.

Résistance numérique

Certains capteurs fonctionnent comme un bouton et possèdent deux états : *on* ou *off*. Ces capteurs sont faciles à lire. L'état *on* est représenté quand une tension appelée **HIGH** est appliquée à la broche d'entrée du microcontrôleur. Il s'agit habituellement d'une tension de 3,3 volts ou 5 volts en fonction de la carte que vous utilisez.

Résistance analogique

Les capteurs de résistance analogiques modifient leur résistance en réponse à un changement physique (comme quand on tourne le bouton d'un cadran). Arduino et Raspberry Pi indiquent les changements de résistance en mesurant la tension qui passe au travers du capteur. Par exemple, vous pouvez tourner un potentiomètre pour diminuer ou augmenter la résistance. Ces capteurs de résistance analogique sont très faciles à réaliser avec un Arduino. Le Raspberry Pi a besoin d'une puce externe pour mesurer les valeurs analogiques. Vous apprendrez à utiliser le convertisseur analogique-numérique pour mesurer la résistance avec un Raspberry Pi dans l'expérience sur le *Suivi de mouvement à l'aide d'infrarouge (œil composite IR)* au chapitre 3. La plupart des capteurs d'entrée analogiques indiquent leur valeur en utilisant la résistance, si bien qu'il s'agit de capteurs de résistance analogique.

Durée d'impulsion

Certains capteurs indiquent leur valeur par une durée d'impulsion, ou bien la période pendant laquelle la broche est maintenue à la valeur HIGH. On utilise des fonctions comme `pulseIn()` ou `gpio.pulseInHigh()` pour lire la longueur de l'impulsion. Comme ceci est géré par une fonction,

vous n'avez pas à vous embarrasser des opérations de bas niveau du microcontrôleur comme les **interruptions** puisque tout est pris en charge par une bibliothèque.

Port série

Un **port série** fait circuler des caractères de texte entre deux appareils. C'est la même technique que l'ordinateur emploie quand il communique avec l'Arduino *via* le port USB. Vous vous familiariserez avec le port série quand vous afficherez des messages sur le Moniteur série de l'Arduino dans plusieurs projets.

I2C

I2C est un protocole industriel standard populaire. On le trouve couramment dans des ordinateurs et des joysticks bien connus comme le Nunchuk de la console Wii. I2C autorise la connexion de 128 appareils sur les mêmes câbles. Dans cet ouvrage, nous vous fournissons du code prêt à l'emploi et des circuits pour deux capteurs utilisant I2C.

SPI

SPI est un autre protocole industriel standard. Le code livré dans cet ouvrage vous permettra d'utiliser facilement un convertisseur analogique-numérique sur le Raspberry Pi. La création de votre propre code à partir de zéro pour de nouveaux appareils utilisant SPI nécessitera cependant plus de travail.

Bit-banging

Parfois, un capteur est suffisamment rare pour qu'il ne fonctionne pas avec un protocole standard. Dans ce cas-là, vous devez élaborer votre propre code pour communiquer avec ce capteur. On appelle souvent cette opération **bit-banging**, car on manipule le signal du capteur la plupart du temps au niveau du bit. Vous trouverez un exemple de cette technique dans l'expérience *Est-ce que c'est humide ?*.

Au fur et à mesure que vous manipulerez les capteurs, vous vous familiariserez avec ces protocoles, mais si vous êtes pressé de placer de nouveaux capteurs dans vos robots et vos appareils innovants, vous pouvez vous contenter d'utiliser le code fourni dans ce livre puis aborder les détails ultérieurement.

APPROPRIEZ-VOUS LES CHOSES

Il est difficile de trouver des circuits et des composants bruts qui conviennent parfaitement à nos envies et vous devrez souvent faire preuve d'imagination pour rassembler tous les composants d'un projet dans un packaging élégant.

Cet ouvrage donne un exemple de packaging pour chaque projet, mais il n'est pas nécessaire de suivre nos instructions aveuglément. Vous devez tester différents matériaux et employer différents outils.

Pourquoi ne pas essayer du carton, du tissu ou une impression 3D ([Figure 2](#)) ?

L'expérimentation et l'apprentissage de nouvelles techniques, comme le soudage ou l'emploi du caoutchouc, rend le processus de création plus intéressant (voir la [Figure 3](#)).

Nous utilisons aussi beaucoup de matériel recyclé dans nos projets. Non seulement ils sont bon marché (voire gratuits), mais ils donnent aussi un aspect unique à un projet.



Figure 2 Bender 3D. Photo extraite de la collection Ars Electronica.



Figure 3 Moule d'une tête de gorille animée et peau en latex réalisée à partir du moule.

ACHAT DES COMPOSANTS

Si vous avez besoin de composants de bonne qualité sans prise de tête, choisissez une enseigne réputée, de préférence en Europe ou aux États-Unis. Si vous voulez des composants peu onéreux, tournez-vous vers l'Asie.

Parmi les enseignes de qualité qui vendent aux passionnés d'électronique, on peut lister Maker Shed, SparkFun, Parallax et Adafruit. Maker Shed est l'enseigne de l'éditeur de la version américaine de ce livre. SparkFun commercialise de nombreuses platines d'évaluation qui nécessitent des soudures. Parallax a créé Basic Stamp, la génération précédente de microcontrôleurs pour les *makers*¹. Adafruit possède un grand catalogue et produit de nombreux articles. Les sites web

1. « Ceux qui fabriquent », les nouveaux adeptes de la mouvance DIY (*Do it Yourself*, c'est-à-dire ceux qui cherchent à construire par eux-mêmes).

de SparkFun et d'Adafruit contiennent beaucoup d'information sur leurs composants, notamment des tutoriels.

À l'heure actuelle, de grands distributeurs comme Element14 et RS electronics ont également investi le marché des *makers*. Il est devenu plus facile de s'y retrouver dans leur immense catalogue car ils ont créé des rubriques pour Arduino et Raspberry Pi.

Si vous voulez des articles spéciaux ou très bon marché, il faut aller sur le continent asiatique. DealExtreme (<http://dx.com>) est en ce moment très populaire. La livraison est lente et la qualité variable, mais les prix sont très bas et il y a beaucoup de choix. AliExpress (<http://www.aliexpress.com>) qui est aussi une boutique asiatique vaut également le détour.

NOTE DE L'ÉDITEUR

Vous trouverez ci-joint une liste non exhaustive de revendeurs de composants présents en France :

- **GO TRONIC**
35 ter Route nationale, BP 45, 08110 Blagny.
Tél. : 03 24 27 93 42
<http://www.gotronic.fr/>
- **HOLDELEC** (ventes exclusivement réservées aux professionnels)
Avenue de la Victoire, 59117 Wervicq-Sud
contact@holdelec.fr
<http://holdelec.net/>
- **Kubii.fr** – Distributeur officiel de Raspberry Pi pour le compte de Farnell en France
69110 Sainte-Foy-les-Lyon
Tél. : 09 63 25 11 39
<http://www.kubii.fr/>
- **LEXTRONIC**
36/40 rue du Général de Gaulle, 94510 La-Queue-en-Brie
Tél. : 01 45 76 83 88
www.lextronic.fr
- **SELETRONIC**
16 rue Jules Verne, ZAC Orée Golf, 59790 Ronchin.
<http://www.selectronic.fr/>

CONVENTIONS UTILISÉES DANS CE LIVRE

Les conventions typographiques suivantes sont utilisées dans cet ouvrage :

- **Le bleu** indique de nouveaux termes, les URL, les adresses électroniques, les titres des figures et des exemples.
- **Le bleu italique** indique les noms de fichiers et de répertoires.
- **La couleur orange** est utilisée pour faire référence à des éléments de programmation, comme les noms des variables ou des fonctions, les bases de données, les types de données, les variables d'environnement, les instructions et les mots-clés.
- **La couleur orange** en gras indique les commandes ou le texte qui doit être saisi littéralement par l'utilisateur.

UTILISATION DES EXEMPLES DE CODE

Vous pouvez télécharger le code source de cet ouvrage sur le site des éditions Dunod (www.dunod.com/contenus-complémentaires/9782100717934).

Dans le texte de ce livre, il est souvent fait référence au site web des auteurs où vous pouvez également télécharger le code des exemples et projets : <http://makesensors.botbook.com/>

Nous attirons cependant votre attention sur le fait que le site des auteurs classe les exemples par plateforme (Arduino ou Raspberry Pi) alors que nous avons opté pour un classement par chapitre. De plus, cette traduction de l'ouvrage américain *Make: Sensors*, publié chez O'Reilly ne reprend pas le chapitre 9 de l'édition originale. Si vous téléchargez les exemples de code sur le site des auteurs, vous trouverez donc des programmes qui ne figurent pas dans la traduction française (tous les exemples du chapitre 9 consacré au contrôle de l'identité). Pour faciliter le repérage des exemples de code, nous avons conservé les noms originaux des programmes, mais nous avons traduit en français tous les commentaires.

Si vous n'avez aucune expérience de la programmation avec Arduino et Raspberry Pi, nous vous conseillons de lire les deux ouvrages d'initiation de Christian Tavernier, parus aux éditions Dunod, *Arduino – Maîtrisez sa programmation et ses cartes d'interface (shields)* et *Raspberry Pi – Prise en main et premières réalisations*.

— RÉUTILISATION DES PROGRAMMES —

Ce livre est censé faciliter la réalisation de vos projets. En général, vous pouvez utiliser le code de cet ouvrage dans vos programmes et votre documentation. Vous n'avez pas besoin de nous contacter pour nous demander la permission, à moins que vous ne reproduisiez une quantité importante de code. Par exemple, l'écriture d'un programme qui utilise plusieurs portions de code de ce livre ne nécessite aucune autorisation. En revanche, la vente ou la distribution d'un CD-ROM d'exemples extraits de ce livre nécessite une autorisation. Si vous répondez à une question en citant cet ouvrage et en reprenant un exemple de code, vous n'avez pas besoin de demander la permission, mais si vous incorporez une grande quantité d'exemples de code dans votre produit ou votre documentation, il vous faut demander une autorisation.

Nous apprécions, sans que cela ne revête un caractère obligatoire, que lorsque vous citez notre ouvrage vous mentionniez ses références exactes qui comprennent le titre, l'auteur, l'éditeur et l'ISBN. Pour cette édition de l'ouvrage, voici comment le citer correctement :

Make: Sensors by Tero Karvinen, Kimmo Karvinen, and Ville Valtokari.

Copyright 2014 Tero Karvinen, Kimmo Karvinen, and Ville Valtokari, 978-1-449-36810-4.

Si vous pensez que votre utilisation des exemples de code de ce livre n'est pas couverte par les principes que nous venons d'énoncer, veuillez nous contacter à bookpermissions@makermedia.com.

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier Hipsu, Marianna, Nina, Paavo Leinonen et Valtteri.