

Jusqu'à
900 W

ERGOMETRE POUR TRAVAIL EXCENTRIQUE

Augmente la puissance et le volume du quadriceps



CYCLUS 2
ECCENTRIC

L'ergocycle excentrique: un vieux concept transformé en nouvelle modalité d'entraînement

Stéphane P. Dufour, PhD | *Faculté des Sciences du Sport, Université de Strasbourg, France*

Lors du travail musculaire concentrique (CON), les muscles se raccourcissent pendant leur activation et produisent des actions musculaires motrices, créant ainsi le mouvement. Lors du travail musculaire excentrique (ECC), les muscles subissent un allongement forcé occasionné par l'application d'une force externe et produisent des actions musculaires freinatrices. Ces 15 dernières années ont vu renaître un intérêt scientifique et clinique grandissant pour le pédalage ECC. Le tout premier ergocycle ECC pour les membres inférieurs fut développé par Abbott et al. ^{1,2} (Fig. 1) et évolua progressivement, tant pour les membres inférieurs^{3,4} que pour les membres supérieurs⁵, à mesure que de nouvelles technologies devenaient disponibles. Depuis peu, un ergomètre ECC est commercialisé présentant l'avantage d'utiliser un vélo et une position « conventionnels » pour créer un pédalage générant du travail musculaire ECC (Cyclus2 Eccentric Trainer®).

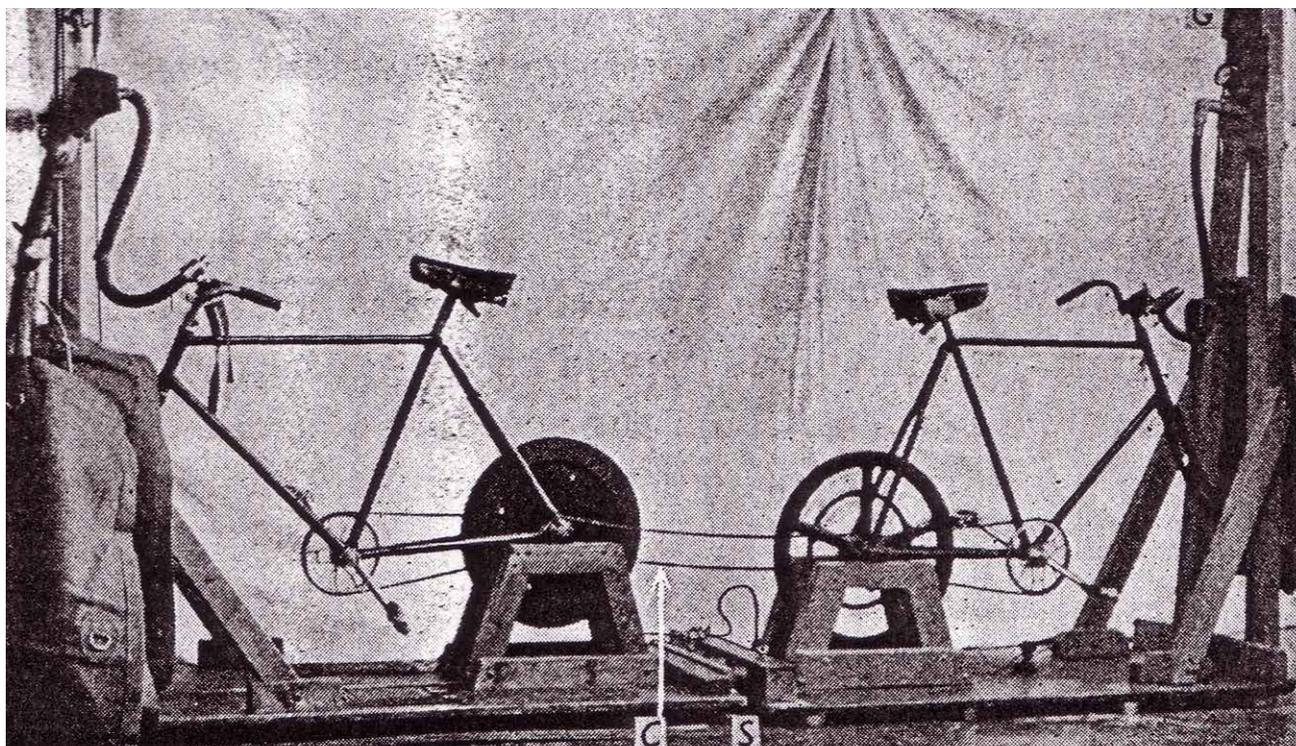


Figure 1: Le premier ergocycle excentrique. Deux ergocycles étaient placés dos à dos et couplés par une chaîne ; lorsqu'un cycliste pédalait en mode conventionnel concentrique, les pédales et les jambes du 2nd cycliste étaient mobilisées en sens inverse du pédalage normal. Dès que le 2nd cycliste tentait de résister au mouvement de ses pédales, il générait du travail musculaire excentrique. (Reproduit de Abbott et al. ¹)

1. Abbott, B.C., B. Bigland, and J.M. Ritchie, The physiological cost of negative work. *J Physiol*, 1952. 117(3): p. 380-90.
2. Abbott, B.C. and B. Bigland, The effects of force and speed changes on the rate of oxygen consumption during negative work. *J Physiol*, 1953. 120(3): p. 319-25.
3. Marcus, R.L., et al., Comparison of combined aerobic and high-force eccentric resistance exercise with aerobic exercise only for people with type 2 diabetes mellitus. *Phys Ther*, 2008. 88(11): p. 1345-54.
4. Lastayo, P.C., et al., The feasibility and efficacy of eccentric exercise with older cancer survivors: a preliminary study. *J Geriatr Phys Ther*, 2010. 33(3): p. 135-40.
5. Dufour, S.P., et al., Eccentric cycle exercise: training application of specific circulatory adjustments. *Med Sci Sports Exerc*, 2004. 36(11): p. 1900-6.
6. Westing, S.H. and J.Y. Seger, Eccentric and concentric torque-velocity characteristics, torque output comparisons, and gravity effect torque corrections for the quadriceps and hamstring muscles in females. *Int J Sports Med*, 1989. 10(3): p. 175-80.
7. Westing, S.H., A.G. Cresswell, and A. Thorstenson, Muscle activation during maximal voluntary eccentric and concentric knee extension. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1991. 62(2): p. 104-8.
8. Crenshaw, A.G., et al., Knee extension torque and intramuscular pressure of the vastus lateralis muscle during eccentric and concentric activities. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1995. 70(1): p. 13-9.
9. Brunelli, S., et al., Nitric oxide release combined with nonsteroidal antiinflammatory activity prevents muscular dystrophy pathology and enhances stem cell therapy. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2007. 104(1): p. 264-9.
10. Enoka, R.M., Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *J Appl Physiol*, 1996. 81(6): p. 2339-46.
11. Perrey, S., et al., Comparison of oxygen uptake kinetics during concentric and eccentric cycle exercise. *J Appl Physiol*, 2001. 91(5): p. 2135-42.
12. Lechaue, J.B., et al., Breathing patterns during eccentric exercise. *Respir Physiol Neurobiol*, 2014. 202: p. 53-8.
13. Bonde-Petersen, F., H.G. Knuttgen, and J. Henriksson, Muscle metabolism during exercise with concentric and eccentric contractions. *J Appl Physiol*, 1972. 33(6): p. 792-5.
14. Knuttgen, H.G. and K. Klausen, Oxygen debt in short-term exercise with concentric and eccentric muscle contractions. *J Appl Physiol*, 1971. 30(5): p. 632-5.
15. Piazzesi, G., et al., Tension transients during steady lengthening of tetanized muscle fibres of the frog. *J Physiol*, 1992. 445: p. 659-711.

1. Les propriétés physiologiques majeures du travail musculaire excentrique.

Les niveaux de force musculaire qui peuvent être générés en mode ECC sont supérieurs à ceux qui peuvent être produits en mode CON ou isométrique.⁶⁻⁸ Les mécanismes physiologiques expliquant ce potentiel de force supérieur en ECC ne sont pas encore totalement identifiés mais combinent probablement des événements moléculaires impliqués dans le fonctionnement des ponts actines/myosine⁹ et une stratégie spécifique de contrôle nerveux du mouvement.¹⁰

Pour une valeur donnée de puissance mécanique développée, le pédalage ECC requiert également une consommation d'oxygène plus basse (VO_2)^{5,11} et des réponses ventilatoires¹² et cardio-circulatoires atténuées (Figure 2).^{13,14}

Le faible coût en oxygène du pédalage ECC serait là aussi lié à une combinaison de facteurs impliquant la rupture non ATP-dépendante des ponts actine/myosine^{15,16}, une distance plus importante couverte par chaque pont formé^{17,18} et un recrutement moins important d'unités motrices.

Par conséquent, le pédalage ECC est généralement ressenti comme beaucoup plus facile que le pédalage CON, en lien avec les niveaux inférieurs de perception subjective de fatigue rapportés par les pratiquants. Il est également intéressant de souligner que, malgré son faible coût en énergie, le pédalage ECC peut s'accompagner d'une élévation de la dépense énergétique de repos jusqu'à 72h après l'exercice.¹⁹⁻²¹

Le pédalage ECC peut également être réalisé à même VO_2 que le pédalage CON, à condition que la puissance mécanique en ECC soit suffisamment élevée (typiquement ~5 fois supérieure en ECC qu'en CON). Dans cette situation particulière, le débit cardiaque et la fréquence cardiaque (FC) sont plus élevés en ECC. Cette observation a d'importantes répercussions pour la gestion des intensités et des charges d'entraînement puisque l'atteinte de niveaux de VO_2 similaires nécessitera alors d'évoluer à des FC supérieures en ECC.⁵

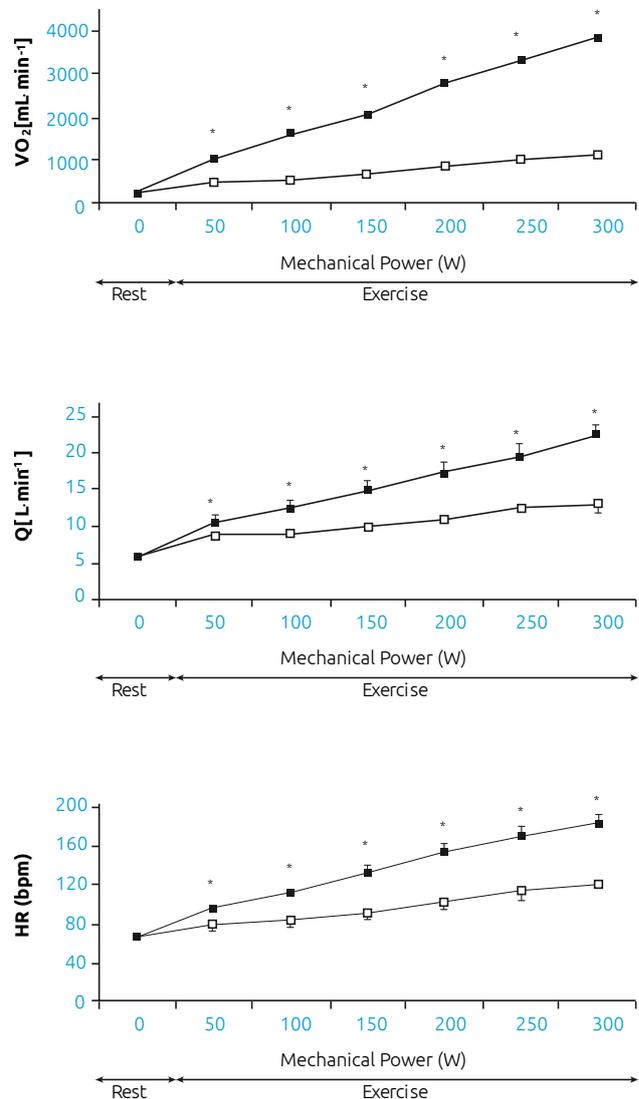


Figure 2: VO_2 , débit cardiaque (Q) et fréquence cardiaque (HR) en fonction de la puissance mécanique de pédalage en mode CON et ECC (adapté de Dufour et al.⁵). bpm battements par min, ECC: symboles blancs, CON symboles noirs, * $p < 0.05$: différence significative entre CON et ECC.

16. Huxley, A.F., Biological motors: energy storage in myosin molecules. *Curr Biol*, 1998. 8(14): p. R485-8.
17. Ryschon, T.W., et al., Efficiency of human skeletal muscle in vivo: comparison of isometric, concentric, and eccentric muscle action. *J Appl Physiol*, 1997. 83(3): p. 867-74.
18. Kitamura, K., et al., A single myosin head moves along an actin filament with regular steps of 5.3 nanometres. *Nature*, 1999. 397(6715): p. 129-34.
19. Paschalis, V., et al., Beneficial changes in energy expenditure and lipid profile after eccentric exercise in overweight and lean women. *Scand J Med Sci Sports*, 2010. 20(1): p. e103-11.
20. Hackney, K.J., H.J. Engels, and R.J. Gretebeck, Resting energy expenditure and delayed-onset muscle soreness after full-body resistance training with an eccentric concentration. *J Strength Cond Res*, 2008. 22(5): p. 1602-9.
21. Dolezal, B.A., et al., Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Med Sci Sports Exerc*, 2000. 32(7): p. 1202-7.
22. McHugh, M.P. and D.T. Tetro, Changes in the relationship between joint angle and torque production associated with the repeated bout effect. *J Sports Sci*, 2003. 21(11): p. 927-32.
23. Coffey, V.G., et al., Early signaling responses to divergent exercise stimuli in skeletal muscle from well-trained humans. *FASEB J*, 2006. 20(1): p. 190-2.
24. Krentz, J.R. and J.P. Farthing, Neural and morphological changes in response to a 20-day intense eccentric training protocol. *Eur J Appl Physiol*, 2010. 110(2): p. 333-40.
25. Chapman, D., et al., Greater muscle damage induced by fast versus slow velocity eccentric exercise. *Int J Sports Med*, 2006. 27(8): p. 591-8.
26. Paschalis, V., et al., Short vs. long length of rectus femoris during eccentric exercise in relation to muscle damage in healthy males. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2005. 20(6): p. 617-22.
27. Munehiro, T., et al., Establishment of an animal model for delayed-onset muscle soreness after high-intensity eccentric exercise and its application for investigating the efficacy of low-load eccentric training. *J Orthop Sci*, 2012. 17(3): p. 244-52.
28. Gibala, M.J., et al., Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *J Appl Physiol*, 1995. 78(2): p. 702-8.
29. Gibala, M.J., et al., Myofibrillar disruption following acute concentric and eccentric resistance exercise in strength-trained men. *Can J Physiol Pharmacol*, 2000. 78(8): p. 656-61.

2. Le pédalage excentrique ne crée pas nécessairement de dommages musculaires

Le travail musculaire ECC peut générer des dommages musculaires importants, en particulier lorsque l'intensité et par conséquent des forces musculaires importantes sont générées²²⁻²⁴ et/ou lorsque les actions musculaires ECC sont réalisées à haute vitesse²⁵ ou sur des petites longueur musculaires.²⁶ Toutefois, l'ampleur des dommages musculaires générés est progressivement réduite si les séances de travail en ECC sont répétées (« repeated bout effect »).^{22, 24, 27} Les sujets engagés dans un programme

d'entraînement régulier en ECC deviennent alors moins susceptibles aux dommages musculaires²⁸⁻³⁰. Par conséquent, quel que soit l'âge des pratiquants^{31, 32,33, 34}, si le pédalage ECC est proposé en prenant soin d'augmenter progressivement l'intensité de travail, et jusqu'à atteindre de hauts niveaux de puissance mécanique, les dommages musculaires sont quasi inexistantes et les pratiquants ont la perspective de bénéficier d'adaptations positives à l'entraînement.

3. Les effets de l'entraînement en pédalage excentrique

Un avantage majeur du pédalage ECC est de pouvoir atteindre des puissances mécaniques de pédalage très élevées (jusqu'à 900W sur 30min en travail continu³⁵) tout en induisant une dépense énergétique très limitée. Le pédalage ECC, utilisé comme nouvelle stratégie d'entraînement, permet d'améliorer la force maximale isométrique (+33 %) et peut conduire à une hypertrophie des fibres musculaires du quadriceps (+52%) en comparaison avec le pédalage CON chez des sujets en bonne santé. Chez des basketteurs américains de niveau lycée et des skieurs alpins membres de l'équipe nationale Suisse juniors, l'entraînement en pédalage excentrique a également permis d'améliorer la hauteur verticale de saut de 6-8% en comparaison à un entraînement en renforcement musculaire.³⁶ Des améliorations de la puissance musculaire développée lors des sauts et de la raideur des membres inférieurs ont également été observées après entraînement en pédalage ECC vs. CON,³⁷ suggérant que le pédalage ECC pourrait améliorer la capacité des muscles des membres inférieurs à stocker et restituer l'énergie élastique. En complément des bénéfices potentiels du pédalage ECC dans l'objectif d'optimiser la performance sportive, ce type de travail présente également des perspectives d'application dans le domaine de la ré-athlétisation. En effet, le pédalage ECC s'avère plus bénéfique que le pédalage CON traditionnel pour augmenter la force maximale et le volume du quadriceps post ligamentoplastie du ligament croisé antérieur.^{38, 39} Chez des sujets âgés³³ ou chez des patients atteints de maladies cardiorespira-

toires^{40, 41}, de désordres métaboliques³, de pathologies neurologiques⁴² ou certains types de cancers (seins, prostate, poumons, colon ou lymphome)^{4, 43}, le pédalage ECC a démontré sa faisabilité, même à des âges très avancés (>80 ans) avec des dommages musculaires là encore quasi inexistantes et sans autres effets secondaires. Dans ces différentes situations pathologiques ainsi qu'avec l'avancée en âge, les résultats disponibles sont encourageants en terme d'augmentation de la masse et de la force musculaires, permettant d'améliorer la capacité à l'exercice des pratiquants et la qualité de vie. Collectivement, l'état actuel de la littérature suggère que le pédalage ECC est particulièrement indiqué pour améliorer la composition corporelle et la force musculaire des membres inférieurs, même chez les sujets les plus déconditionnés, probablement en activant les voies de signalisations impliquées dans la croissance, la régénération et le remodelage musculaire.⁴⁴

Bien que les réponses mécaniques, métaboliques et cardiovasculaires à l'exercice de pédalage ECC soient spécifiques et requièrent une attention particulière pour un suivi optimal des charges d'entraînement, cette nouvelle modalité de travail musculaire ECC apparaît aujourd'hui comme une stratégie d'entraînement prometteuse, non seulement pour les athlètes à la recherche de performance mais également pour les seniors et dans de nombreuses conditions pathologiques dans un but d'amélioration de la capacité à l'exercice et de la qualité de vie.

-
30. Meier, W.A., et al., The long-term contribution of muscle activation and muscle size to quadriceps weakness following total knee arthroplasty. *J Geriatr Phys Ther*, 2009. 32(2): p. 79-82.
 31. Lastayo, P.C., et al., Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *Am J Physiol*, 1999. 276(2 Pt 2): p. R611-5.
 32. LaStayo, P.C., et al., Eccentric ergometry: increases in locomotor muscle size and strength at low training intensities. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2000. 278(5): p. R1282-8.
 33. LaStayo, P.C., et al., The positive effects of negative work: increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2003. 58(5): p. M419-24.
 34. LaStayo, P.C., et al., Reversing muscle and mobility deficits 1 to 4 years after TKA: a pilot study. *Clin Orthop Relat Res*, 2009. 467(6): p. 1493-500.
 35. Gross, M., et al., Effects of eccentric cycle ergometry in alpine skiers. *Int J Sports Med*, 2010. 31(8): p. 572-6.
 36. Lindstedt, S.L., et al., Do muscles function as adaptable locomotor springs? *J Exp Biol*, 2002. 205(Pt 15): p. 2211-6.
 37. Elmer, S., et al., Improvements in multi-joint leg function following chronic eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports*, 2011.
 38. Gerber, J.P., et al., Effects of early progressive eccentric exercise on muscle structure after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am*, 2007. 89(3): p. 559-70.
 39. Gerber, J.P., et al., Safety, feasibility, and efficacy of negative work exercise via eccentric muscle activity following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2007. 37(1): p. 10-8.
 40. Robineau, S., et al., [Eccentric isokinetic strengthening in hamstrings of patients with multiple sclerosis]. *Ann Readapt Med Phys*, 2005. 48(1): p. 29-33.
 41. LaStayo, P.C., et al., Eccentric exercise versus usual-care with older cancer survivors: the impact on muscle and mobility—an exploratory pilot study. *BMC Geriatr*, 2011. 11: p. 5.
 42. Mueller, M., et al., Different molecular and structural adaptations with eccentric and conventional strength training in elderly men and women. *Gerontology*, 2011. 57(6): p. 528-38.

Cyclus2 Eccentric Trainer

Mode d'exercice :

Utilisation:	<ul style="list-style-type: none">■ Isocinétique (Cadence)■ Contrôle de puissance (Watts)■ Contrôle du couple (Nm)
Pilotage:	<ul style="list-style-type: none">■ Manuel■ Par protocole programmable
Puissance maximale:	■ 900 Watts (puissance instantanée)

Compatibilité:

Système d'attache arrière:	■ Pignon Fixe de 12 sans roue libre, montage 120mm vélo de piste ou touring
Système d'attache avant:	■ Système de fixation rapide 9mm x 100 mm
Distance axiale:	■ Min. 80cm, Max. 119 cm (autres écartements sur demande spécifique)
Récepteur fréq. cardiaque:	■ Fonctionne avec émetteurs FC ANT

Accessoires (en options):

Cadre de vélo:	■ Différentes tailles disponibles - nous consulter
Récepteur fréq. cardiaque:	■ Récepteur + émetteur ANT (avec ceinture incluse)
Protection de sol:	■ Tapis de sol

Précision - calibration:

Puissance:	■ 4% maximale de marge d'erreur par rapport à Puissance affichée (pour moins de 100W, moins de 4W d'erreur)
Cadence:	■ ± 1 RPM de précision
Calibration:	■ Calibration dynamique, avec protocole de calibration. Fréquence de calibration préconisée : annuelle
Feedback mécanique:	■ HBM T5 torque flange (accuracy class 0, 1)

Interfaces:

2 x USB:	■ Pour Stick USB, imprimante ou clavier externe
1 x LAN:	■ Ethernet 10/100 MBit pour contrôle distant par VNC, ou imprimante réseau RJ45
1 x WLAN:	■ En option : Wifi 802.11g / 2.4/5 GHz, pour contrôle distant par VNC, ou imprimante réseau compatible WIFI
Pilote d'impression:	■ Compatible PCL3, PCL5 (ex : HP Officejet H470, HP Officejet 100), PDF, TIFF
Export fichiers:	■ Paramétrable - Format CSV

Interface logicielle

Langues:	■ Allemand, Anglais, Espagnol, Français, Italien, Polonais, Russe, Portugais
----------	--

Alimentation

Puissance d'entrée:	■ 1000W (maximum)
Adaptateur secteur:	<ul style="list-style-type: none">■ Adaptateur secteur mural 100-240V AC / 50-60 Hz, Sortie 12 V DC / 2,08 A, Selon norme médical IEC 60601-1:2005 (3ème édition)■ Adaptateur de bureau 100-240V AC / 50-60 Hz, Sortie 24 V DC / 40 A, Selon norme médical EN/UL 60601-1, Bouton d'arrêt d'urgence inclus

Dimensions, poids

Dimensions:	■ Approx: 140 x 50 x 105 (L x l x h) - dimensions également dépendantes du cadre de vélo utilisé
Poids:	■ Environ 30 kg (sans le cadre de vélo)

Consignes de sécurité:

L'utilisation du Cyclus 2 eccentric ergometer n'est autorisée qu'en présence de personnel formé. Dans le cas d'un incident quelconque, ce personnel doit être capable d'éteindre rapidement le dispositif par le bouton d'arrêt d'urgence.

Technical details and colours may vary from those shown in the picture.



Instruments
smart solutions & service

IGZ Instruments AG
Furtbachstrasse 17
8107 Buchs ZH

Tel. +41 44 456 33 33
igz.ch igz@igz.ch

(YCLUS 2

RBM elektronik-automation GmbH
Weißenfelsler Straße 73, D-04229 Leipzig
Germany

Phone: +49 (0) 341 47 83 95 00
E-mail: contact@cyclus2.com

www.cyclus2.com