

LE RESSORT QUE TU PAIES.

Ce qu'une plaque carbone fait vraiment, ce qu'elle ne fait pas, et ce qui décide de ce qu'elle te rend.

Le gain existe, il est mesuré, et il n'appartient pas à la chaussure. Il appartient à la rencontre entre la chaussure et le corps qui l'écrase. Ce dossier t'explique où se fabrique cette rencontre, pourquoi elle est différente chez toi et chez ton partenaire d'entraînement, et ce qui se voit dans ton sang quand tes pieds encaissent des milliers d'impacts par sortie.

Emmanuel Gutierrez · TrainingPerf

Ce document est informatif et ne constitue pas un avis médical. Toute décision de santé se prend avec ton médecin.

LE CHIFFRE QUE TOUT LE MONDE RÉPÈTE, ET SES CONDITIONS DE MESURE

Quatre pour cent. Ce chiffre a fait vendre plus de chaussures que n'importe quel argument de l'histoire du running, au point qu'un modèle a été commercialisé sous ce nom. Il n'est pas faux. Il est **conditionnel**, et ses conditions ne sont presque jamais citées.

D'où il vient

Hoogkamer, Kipp, Frank, Farina, Luo et Kram, laboratoire de locomotion de l'université du Colorado à Boulder. Le prototype est comparé à deux chaussures de compétition de référence de l'époque. La réduction moyenne du coût énergétique ressort à **4 pour cent**.

Hoogkamer W. et coll. A Comparison of the Energetic Cost of Running in Marathon Racing Shoes. Sports Medicine 2018 ; 48(4) : 1009-1019. DOI 10.1007/s40279-017-0811-2, PMID 29143929.

Voilà la partie qui manque partout. Ce gain a été mesuré à **trois vitesses seulement** : 14, 16 et 18 kilomètres heure. Soit, pour te donner l'échelle, des allures de marathon comprises entre 3 h 00 et 2 h 20. Sur des coureurs de niveau sub-élite.

Le chiffre n'a jamais prétendu décrire ta sortie du dimanche. C'est le marketing qui l'a sorti de son laboratoire.

Ce qui se passe quand on ralentit

Dustin Joubert a refait le travail à des allures de coureurs ordinaires. Seize coureurs, un modèle à plaque de référence, deux vitesses.

1	14 à 18 km/h, le laboratoire de 2018	Environ 4 pour cent d'économie gagnée. Population sub-élite, allures de compétition. C'est le chiffre que tu connais.
2	5:00 au kilomètre	1,4 pour cent. Le gain est déjà divisé par trois.
3	6:00 au kilomètre	0,9 pour cent, et le résultat n'est plus significatif statistiquement. À cette allure, le gain n'est plus démontrable.

Travaux de D. Joubert et coll. sur la réponse d'économie de course en chaussure à plaque aux allures récréatives.

LE GAIN N'EST PAS UNE PROPRIÉTÉ DE LA CHAUSSURE

C'est une propriété de la **rencontre** entre la chaussure et le coureur qui la charge. Une même paire, deux corps, deux résultats. La suite de ce dossier explique pourquoi, et ça commence par une question que presque personne ne se pose : qu'est-ce que tu payes, exactement, quand tu cours ?

CE QUE TU PAIES VRAIMENT QUAND TU COURS

L'intuition dit que courir coûte cher parce qu'on fait du travail mécanique, qu'on se soulève et qu'on avance. C'est l'intuition, et elle a été prise en défaut il y a plus de trente ans.

L'hypothèse du coût de génération de force

Kram et Taylor ont proposé une lecture différente dans Nature : ce que l'organisme paie en courant n'est pas d'abord le travail produit, c'est le **prix de générer de la force contre le sol**. Et ce prix dépend du temps dont tu disposes pour la produire.

Kram R. et Taylor C.R. Energetics of running : a new perspective. Nature, 1990.

La logique est physiologique, pas mécanique. Pour produire une force donnée dans un temps court, tu dois recruter des fibres rapides, et une fibre rapide coûte cher à activer. Plus ton pied reste peu de temps au sol, plus la force doit être produite vite, plus la facture monte. Le coût de la course se fixe donc largement dans une variable que personne ne regarde sur sa montre : **le temps de contact au sol**.

Pourquoi ça change tout pour ta paire

Parce qu'une chaussure ne recrute pas tes fibres à ta place. Elle ne décide ni de la force que tu dois produire, ni du temps dont tu disposes pour la produire. Elle intervient en aval, sur ce qui est perdu ou conservé pendant l'appui. C'est utile, ça se mesure, et c'est structurellement limité.

Une chaussure agit sur la restitution. Ton corps décide de la production. Un pourcentage de ce que tu produis, c'est toujours un pourcentage de ce que tu produis.

LE RESSORT QUE TU AS DÉJÀ, ET QUE TU N'AS PAS ACHETÉ

Avant de parler de la mousse, il faut parler de celle que tu as sous le pied depuis toujours. Courir est une succession de rebonds, et une part importante de l'énergie de chaque foulée n'est pas produite par tes muscles : elle est **stockée puis restituée** par des structures élastiques, gratuitement.

L'arche plantaire est un ressort, et c'est mesuré depuis 1987

Ker et ses collègues l'ont démontré dans Nature. L'arche longitudinale du pied se déforme à la mise en charge, emmagasine de l'énergie élastique, et la rend au décollage. Le tendon d'Achille fait le même travail, à une échelle plus grande encore. Ces deux ressorts biologiques portent une part substantielle de la propulsion, sans dépense métabolique supplémentaire.

Ker R.F. et coll. The spring in the arch of the human foot. Nature, 1987.

Le mécanisme du treuil, la pièce que personne ne cite

Décrit par Hicks dans les années cinquante. Ton aponévrose plantaire part du talon et s'insère à la base des orteils. Quand tes orteils se relèvent en fin d'appui, cette lame s'enroule autour des têtes métatarsiennes comme un câble sur un treuil. L'arche se creuse, le pied **se rigidifie tout seul**, et il devient un levier rigide au moment précis où il doit pousser.

Retiens cette séquence, elle est le coeur de la partie suivante. Ton pied n'est pas rigide en permanence. Il est **souple à la réception, rigide à la poussée**, et c'est le mouvement de tes orteils qui déclenche la bascule.

UN PIED SAIN FAIT DÉJÀ CE QU'UNE PLAQUE PRÉTEND FAIRE

LE PARADOXE DE L'AVANT-PIED, ET CE QUE LA PLAQUE FAIT VRAIMENT

Voilà le point que même les initiés ratent, et qui retourne le discours commercial.

L'articulation à la base des orteils est un puits

L'articulation métatarso-phalangienne, celle qui plie quand tu décolles le talon, a une particularité mécanique ingrate : pendant l'appui, elle **absorbe de l'énergie et n'en restitue quasiment pas**. C'est une fuite. Chaque foulée y laisse quelque chose qui ne revient jamais.

C'est sur cette fuite que travaille la raideur en flexion d'une chaussure. Une plaque rigide limite la flexion de cette articulation, donc limite ce qu'elle peut englober.

LA PLAQUE NE TE PROPULSE PAS, ELLE T'EMPÊCHE DE PERDRE

C'est une nuance de mécanicien, et elle change complètement la façon de choisir sa paire. Une publicité te vend un tremplin qui ajoute quelque chose. La mécanique décrit un bouchon qui retire une perte. Les deux font gagner du temps sur un chrono, mais ils n'obéissent pas aux mêmes conditions.

Un tremplin donnerait à tout le monde. Un bouchon ne rend service qu'à celui qui **fuyait beaucoup**, et seulement quand l'appui est assez fort et assez rapide pour que la structure se déforme. En dessous, la plaque ne fléchit pas, la mousse ne se comprime pas, et tu transportes un dispositif qui dort.

Ce que la mesure biomécanique montre

Une revue systématique avec méta-analyse parue cette année a regroupé les données disponibles. Trois résultats en ressortent.

1	La cheville est déchargée	Le travail mécanique demandé à l'articulation de la cheville diminue avec une plaque carbone.
2	La demande remonte la chaîne	Elle est redistribuée vers le genou et vers la hanche. Le travail ne disparaît pas, il change d'étage.
3	L'avant-pied plie moins	La dorsiflexion et la puissance négative diminuent à l'articulation à la base des orteils. C'est la fuite qu'on vient de décrire, et c'est une part importante du gain.

Carbon plates in running shoes biomechanics : a systematic review and meta-analysis. Frontiers in Sports and Active Living, 2026. DOI 10.3389/fspor.2026.1764338. Les effets rapportés sont spécifiques à chaque articulation, et non globaux.

Tu as donc une chaussure qui prend de la charge à une articulation, qui en renvoie à deux autres, et qui bouche une fuite à une troisième. Ce n'est pas un gadget. Ce n'est pas non plus un moteur.

POURQUOI ÇA MARCHE CHEZ LUI ET PAS CHEZ TOI

Si le gain vient d'une fuite bouchée et d'une structure qu'il faut écraser, alors il dépend de deux choses qui n'ont rien à voir avec la chaussure : **combien tu fuyais**, et **avec quelle intensité tu charges**.

Le paradoxe de la bonne surprise

Dans ces travaux, ceux qui gagnaient le plus étaient les coureurs **les moins économiques au départ**. Ceux dont la mécanique laissait le plus de marge.

Le jour où tu changes de paire et que tu sens une différence énorme, tu n'apprends pas grand-chose sur ta chaussure. Tu apprends quelque chose sur toi.

Lis la phrase à l'envers et elle devient utile. Une grosse réponse signale une grosse marge mécanique, donc un chantier à ouvrir. Une réponse faible chez un coureur déjà efficient n'est pas une déception, c'est la confirmation qu'il ne fuyait pas beaucoup.

Le piège de la mesure unique

Il existe un travail dont le titre dit tout, publié dans Sports Medicine en 2023 : l'illusion de l'essai unique, et la nécessité de répéter les essais quand on évalue la réponse d'économie de course en chaussure à technologie avancée.

Traduction pratique. La différence que tu crois sentir lors d'une sortie tient dans le même ordre de grandeur que le bruit de la mesure : ta fatigue du jour, ton sommeil, le vent, ton échauffement, ce que tu as mangé. **Un essai ne tranche rien**. Et la croyance participe au résultat, au point qu'un essai randomisé en cross-over a été publié pour tester spécifiquement l'hypothèse de l'effet placebo chez des coureuses récréatives.

The Fallacy of Single Trials : The Need for Multiple Trials in Assessing Running Economy Responses in Advanced Footwear Technology. Sports Medicine, 2023. · Are super shoes a super placebo ? A randomised crossover trial in female recreational runners. Footwear Science, 2025. DOI 10.1080/19424280.2025.2458330.

Une nuance d'honnêteté, parce qu'elle compte

Il ne faut pas tirer de l'étude de 2018 la conclusion que certains coureurs ne gagnent rien. Son auteur principal a au contraire déclaré avoir été surpris de **trouver un gain chez chaque sujet**, aux trois vitesses, alors que l'attendu habituel en science de la chaussure est qu'un modèle convienne à certains et pas à d'autres. Ce qui est solidement établi, c'est que l'ampleur du gain s'effondre quand la vitesse baisse. Pas qu'il disparaît chez tout le monde.

CE QUE LA CHAUSSURE DÉPLACE, ET CE QUE ÇA COÛTE AILLEURS

Une charge qui quitte une articulation ne s'évapore pas. Elle arrive quelque part. Et quand on modifie la mécanique d'un appui répété dix mille fois par sortie, il faut regarder ce qui encaisse à la place.

Le signal clinique publié

En 2023, une équipe a publié dans Sports Medicine une série de **cinq cas de fracture de fatigue de l'os naviculaire**, au milieu du pied, chez des coureurs de compétition utilisant des chaussures à plaque carbone. Les auteurs écrivent que l'association était débattue en clinique mais jamais décrite dans la littérature avant eux.

Tenforde A., Hoenig T., Saxena A., Hollander K. Bone Stress Injuries in Runners Using Carbon Fiber Plate Footwear. Sports Medicine, 2023. DOI 10.1007/s40279-023-01818-z, PMID 36780101. Format Current Opinion.

CINQ CAS NE DÉMONTRENT AUCUNE CAUSALITÉ

Il faut le dire aussi clairement que le reste, parce que c'est le genre de sujet où tout le monde exagère dans un sens ou dans l'autre. Une série de cas n'est pas une étude d'incidence. À ce jour, la littérature ne montre pas de signal clair d'augmentation du risque de blessure avec les plaques carbone, et la base de preuves reste limitée, en particulier sur le long terme et chez le coureur récréatif.

Écrire que ces chaussures cassent les pieds serait faux. Écrire qu'un signal clinique existe sur le naviculaire, qu'il est publié et qu'il mérite d'être connu, est exact.

Pourquoi le naviculaire, précisément

Parce que c'est un os à haut risque, indépendamment de toute chaussure. Il est situé au sommet de l'arche, il encaisse des contraintes de cisaillement, et surtout il est **mal vascularisé**. Une zone mal irriguée consolide lentement et se répare mal. C'est la raison pour laquelle le message clinique des auteurs est un message de vigilance : devant une douleur vague du milieu du pied ou de la cheville chez quelqu'un qui court en plaque carbone, on y pense.

Une douleur sourde du médio-pied qu'on n'arrive pas à montrer du doigt n'est jamais un détail chez un coureur.

Le cadre réglementaire, que presque personne ne connaît

En compétition, la hauteur de semelle est plafonnée à **40 millimètres** et une **seule plaque** est autorisée. Conséquence contre-intuitive et parfaitement vraie : plusieurs modèles vendus librement en magasin sont **interdits en course**. Ce sont des chaussures d'entraînement, pas des chaussures de dossard, et la caisse ne te le dira pas.

CE QUI EST RÉELLEMENT ENTRAÎNABLE

Si le gain d'une plaque dépend de ta capacité à la charger fort et vite, alors la question utile n'est plus quelle paire acheter, mais comment devenir quelqu'un à qui elle rend beaucoup.

La raideur est une qualité, pas un défaut

Dans le langage courant, être raide est un reproche. En mécanique de la course, la raideur d'un complexe muscle-tendon décrit sa capacité à se déformer peu et à rendre vite. Un tendon raide restitue mieux et plus tôt. Cette qualité se construit, et elle se construit par de la charge, pas par des étirements.

Et elle se construit **lentement**. C'est la différence de calendrier qui structure tout le reste de ta saison : le tissu conjonctif se remodèle sur des mois, quand une fuite biologique se corrige en semaines. La plupart des coureurs travaillent le chantier long et ignorent totalement le court.

Le mollet n'est pas un muscle, c'est deux

Point de détail qui n'en est pas un, et qui explique pourquoi tant de renforcements de mollet ne donnent rien. Le gastrocnémien croise le genou, donc il travaille **genou tendu**. Le soléaire ne croise pas le genou, il travaille **genou fléchi**. Les deux se chargent, et ils exigent deux positions différentes pour être atteints.

Or c'est ce complexe, prolongé par le tendon d'Achille, qui fournit l'essentiel de la restitution élastique dont on parle depuis le début. Le renforcer sur une seule position revient à n'en construire que la moitié.

Le pied a des muscles, et personne ne les entraîne

Sous ton arche vivent des muscles intrinsèques, des muscles courts qui ne sortent jamais du pied. Ils participent au contrôle de l'arche, donc à la qualité du ressort décrit en partie 3. Ils sont rarement travaillés, jamais mesurés, et ils ne figurent sur aucune fiche produit.

C'est pour ça que la logique du tout matériel finit par se retourner. Plus tu délègues le travail de l'appui à une structure extérieure, moins la structure intérieure a de raisons de se développer.

CE QUE TON SANG DIT DE TES PIEDS

Voilà la partie que le débat sur les chaussures ne convoque jamais, et c'est notre terrain. Chaque appui écrase des capillaires sous la voûte plantaire. Répété des milliers de fois par sortie, ce choc **détruit mécaniquement des globules rouges**. Ça porte un nom, l'hémolyse d'impact plantaire.

La cascade, dans l'ordre

1	L'impact casse	Le globule rouge est détruit dans le capillaire plantaire. L'hémoglobine se retrouve libre dans la circulation.
2	L'haptoglobine éponge	Cette protéine capture l'hémoglobine libre pour la recycler. Elle se consomme en le faisant, donc elle baisse. Une haptoglobine effondrée chez un coureur raconte cette histoire mécanique.
3	Le fer se perd	Quand la capacité de capture est dépassée, du fer part dans les urines. À cela s'ajoutent des micro-pertes digestives à l'effort.
4	La porte se referme	Après un effort intense, l'hepcidine hépatique monte et referme l'absorption intestinale du fer. Le corps perd du fer et, dans la même journée, devient moins capable d'en absorber.

LE COUREUR DE FOND EST LA POPULATION OÙ LE FER MANQUE

C'est la conséquence directe de la cascade ci-dessus, et c'est là que la mesure devient piègeuse.

Pourquoi une belle ferritine peut être un leurre

La ferritine est un **réactant positif de la phase aiguë**. Autrement dit, elle monte avec l'inflammation. Une course longue se comporte biologiquement comme une agression aiguë. Conséquence : une ferritine mesurée trop près d'une grosse sortie peut afficher une valeur rassurante **par-dessus des réserves vides**.

MARQUEUR	CE QUE ÇA LIT	REPÈRE TP
Ferritine seule	Les réserves, mais elle monte avec l'inflammation	Jamais seule. Une belle valeur près d'une course ne prouve rien
Coefficient de saturation de la transferrine	Le fer réellement disponible pour le transport	Sur le même tube que la ferritine, systématiquement
CRP ultrasensible	Le bruit inflammatoire qui fausse la ferritine	Sur le même tube. Sans elle, la ferritine n'est pas interprétable
Haptoglobine	La destruction mécanique de globules rouges	Basse chez un coureur, elle oriente vers l'hémolyse d'impact

Règle de lecture TrainingPerf : jamais de ferritine sans coefficient de saturation de la transferrine ni CRP ultrasensible sur le même tube, et la date de la dernière sortie longue fait partie du résultat.

La boucle se referme sur l'os

Reprends la partie 6. Un os mal vascularisé qui consolide lentement, chez un coureur au statut martial bas, en énergie disponible insuffisante et dont la vitamine D n'a jamais été mesurée, n'encaisse pas un changement de mécanique d'appui dans les mêmes conditions.

La chaussure change la contrainte. Ton terrain décide de ce que ton os en fait.

C'est exactement le point que le débat matériel ne peut pas atteindre, parce qu'il se joue dans un tube, pas dans une boîte à chaussures.

Les trois réflexes qui changent une lecture martiale

1	Date ton tube avant de le lire	Un bilan prélevé dans les jours qui suivent une course ou une sortie longue raconte la course. La date de ton dernier gros effort fait partie du résultat, au même titre que les valeurs.
2	Demande les trois ensemble	Ferritine, coefficient de saturation de la transferrine et CRP ultrasensible, sur le même tube. Isolés les uns des autres, ils deviennent ininterprétables, et c'est la ferritine seule qui trompe le plus.
3	Pense à l'haptoglobine si tu fais du volume	C'est le marqueur qui signe la destruction mécanique de globules rouges. Chez un coureur à gros kilométrage, elle éclaire une anomalie martiale que le reste du bilan laisse sans explication, et elle n'est presque jamais demandée.

Aucun de ces marqueurs ne parle de ta chaussure. Tous parlent de ce que tes appuis coûtent réellement à ton organisme, sortie après sortie. C'est la moitié du sujet que le marché ne regarde jamais, parce qu'elle ne se vend pas en magasin.

CE QU'IL FAUT RETENIR

1	Le 4 pour cent est conditionnel	Mesuré entre 14 et 18 km/h sur des sub-élites. À 6:00 au kilomètre, le gain tombe à 0,9 pour cent et n'est plus significatif.
2	La plaque bouche une fuite	L'articulation à la base des orteils absorbe de l'énergie sans la rendre. La rigidifier réduit une perte, ce qui n'est pas la même chose que propulser.
3	Il faut écraser pour recevoir	Sans charge forte et rapide, la plaque ne fléchit pas et la mousse ne se comprime pas. Tu transportes un ressort qui dort.
4	Une grosse réponse parle de toi	Ce sont les coureurs les moins économiques au départ qui gagnent le plus. Une différence énorme ressentie signale une marge mécanique, donc un chantier.
5	Une sortie ne prouve rien	La réponse individuelle est instable sur un essai unique. La croyance y participe.
6	La charge remonte la chaîne	Moins de travail à la cheville, davantage vers le genou et la hanche. Un signal clinique existe sur l'os naviculaire, sans causalité démontrée.
7	Le vrai levier est lent	La raideur du complexe muscle-tendon et la force se construisent sur des mois. Les fuites biologiques, elles, se corrigent en semaines.
8	Tes pieds se lisent dans ton sang	L'hémolyse d'impact, l'haptoglobine, le fer et l'inflammation racontent ce que tes appuis coûtent réellement.

Achète la paire qui te fait plaisir, elle fonctionne. Mais si tu veux savoir ce qu'elle va te rendre, la réponse n'est pas sur l'étiquette. Elle est dans ce que ton corps sait produire, et dans ce que ton terrain te permet d'encaisser.

Et maintenant, on part de toi.

Ce dossier t'a montré le mécanisme. Mais le mécanisme général, ce n'est pas ton corps. La vraie question, c'est ce que TA biologie raconte.

BioScan · offert.

Ta cartographie sur 5 axes, 10 minutes depuis ton téléphone, sans carte bleue. Le point de départ.

trainingperf.fr/bioscan

Décodage Performance · 197€ ou 3x66€.

Tu as déjà des analyses ? Je les lis vraiment, ligne par ligne. Protocole applicable inclus.

trainingperf.fr/decodage-performance

Bilan Performance · 697€ ou 3x232€.

La vue complète : 4 analyses qui dialoguent (biologie, posture, biomécanique, composition). Kit envoyé chez toi.

trainingperf.fr/bilan-performance

« C'est pas dans ta tête. C'est dans ta biologie. »

Emmanuel · TrainingPerf

Ce document est éducatif et ne constitue pas un avis médical. Les ranges fonctionnels TP diffèrent des ranges labo standards et sont issus de la pratique clinique TrainingPerf. Parles-en à ton médecin ; ce guide ne se substitue pas à une consultation ni à un suivi par un professionnel diplômé.

TrainingPerf : précision clinique par la biologie. Cabinet de consulting en performance biologique premium, France. trainingperf.fr