

Bibliothèque numérique

medic @

**Marey, Etienne-Jules. - Etudes
pratiques sur la marche de l'homme:
expériences faites à la station
physiologique du Parc des Princes**

*In : La nature : revue des
sciences et de leurs
applications aux arts et à
l'industrie, 1885, 24 janvier, p.
119-123*



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey008>

ÉTUDES PRATIQUES

SUR LA MARCHÉ DE L'HOMME

EXPÉRIENCES FAITES À LA STATION PHYSIOLOGIQUE
DU PARC DES PRINCES

Les lecteurs de *La Nature* connaissent déjà la *Station physiologique*¹ et quelques-unes des expériences qui y ont été faites : ils ont pu voir comment, au moyen d'une série de photographies instantanées, on analyse le mécanisme si compliqué de la marche, de la course et du saut, et comment des mouvements si rapides que l'œil ne saurait les saisir, se fixent en une sorte d'épure qui en retrace fidèlement les moindres détails.

Ces expériences, intéressantes pour le physiologiste à qui elles apprennent à connaître de mieux en mieux le mécanisme de la locomotion, ont en outre, au point de vue pratique, une utilité qu'il n'est peut-être pas inutile de faire ressortir.

Les bons marcheurs, les bons coureurs, les sauteurs agiles, ne sont pas seulement des hommes doués d'aptitudes spéciales ou qui, par des exercices fréquents, ont acquis une force musculaire plus grande, une plus grande résistance à la fatigue ; ce sont aussi des *praticiens*, c'est-à-dire que, par le travail inconscient qui accompagne tout acte fréquemment répété, ils ont trouvé peu à peu le moyen de ménager leurs forces en produisant le plus d'effet possible. Et quoique tout le monde ait la prétention de savoir marcher et courir, il y a, parmi les marcheurs et les coureurs, des virtuoses, en leur genre, qui ne font aucun effort inutile, règlent le rythme et la longueur de leur pas suivant que l'étape devra être longue ou l'allure rapide.

Ces praticiens seraient incapables de transmettre le secret de leur habileté ; ils ne le connaissent pas eux-mêmes, n'ayant guère réfléchi sur des actes qu'ils exécutent, en quelque sorte, machinalement. Mais ce secret, on peut le surprendre. Pour cela, je me propose, dès le retour de la belle saison, de soumettre à l'analyse photographique les mouvements de marcheurs et de coureurs remarquables. Il n'y a point de témérité à escompter le succès de ces futures expériences, car les particularités des allures perfectionnées se révéleront certainement dans les photographies. Enfin, il est permis d'espérer que, du moment où les caractères des bonnes allures seront bien connus, il deviendra possible d'enseigner d'une manière méthodique les principes de la marche, de la course, du saut, et, en général, de tous les exercices du corps.

Au point de vue militaire, la question de la marche de l'homme a une importance toute particulière, mais présente aussi des difficultés spéciales. Les exercices du soldat ne s'adressant pas à des hommes d'élite, doivent être réglés pour des individus de force moyenne. L'expérience seule doit

¹ Voy. n° 556, du 8 septembre 1883, p. 226, et n° 559 du 29 septembre 1885, p. 275.

décider en pareille matière ; aussi est-ce d'après de laborieuses recherches qu'on a fixé la longueur du pas du soldat, le rythme de sa marche, la charge qu'il doit porter, pour utiliser ses forces le mieux possible.

Toutefois, si l'on considère que les différentes nations n'ont pas, à cet égard, des coutumes semblables, bien plus que chez une même nation les règlements militaires se modifient de temps en temps, il faut bien en conclure que l'on ne connaît pas encore assez les lois physiologiques du travail de l'homme.

C'est pourquoi j'ai entrepris, avec le concours de quelques officiers supérieurs de l'armée, des expériences destinées à compléter les notions que l'on possède sur les conditions les plus favorables de la marche et de la course. La difficulté de ces études tient au nombre considérable des observations qu'elles nécessitent, à l'attention soutenue, à la patience presque surhumaine qu'elles exigent. Aussi, ai-je confié à des machines la fastidieuse besogne qui consiste à enregistrer les particularités de chaque observation individuelle, ne laissant à l'expérimentateur que la tâche d'en tirer les conclusions générales.

Un appareil, dont la description a été donnée il y a quelques années² dans ce journal, l'*odographe*, a pu, moyennant certaines modifications de détail, se prêter à l'inscription de la marche de l'homme, traduisant, d'une manière fidèle, la vitesse de l'allure, sa régularité plus ou moins grande, le nombre et la longueur des pas, enfin les modifications que les caractères de la marche éprouvent sous différentes influences.

La figure 1 montre un homme qui court sur la piste d'expérience et les appareils qui inscrivent les caractères de son allure. C'est par une série de signaux électriques très rapprochés les uns des autres que s'établit la communication entre l'homme qui se meut librement au dehors, sur une piste circulaire d'un demi-kilomètre de circonférence, et l'appareil inscripteur qui reste à poste fixe sur une table dans le laboratoire.

A cet effet, une ligne télégraphique dont les poteaux sont distants de 50 mètres les uns des autres règne tout autour de la piste ; à chaque poteau est adapté un appareil interrupteur qui enverra un signal au moment précis où l'homme passera au-devant du poteau. Le coureur, en effet, trouve en ces endroits son chemin barré par une baguette horizontale (fig. 2), qui cède à la moindre pression, mais qui ne peut être déviée sans produire une interruption dans le circuit de la ligne télégraphique. Or, cette interruption se traduit par le déplacement d'un crayon qui trace sur un cylindre tournant recouvert d'une feuille de papier ; chacun des déplacements du crayon exprime que 50 mètres viennent d'être parcourus par le coureur.

Le mécanisme de l'interrupteur électrique est fort

² Voy. n° 278, du 28 septembre 1878, p. 275.

simple : la baguette est implantée perpendiculairement (fig. 5) sur un tube de cuivre tournant autour d'un axe vertical. Ce tube est coupé obliquement à sa partie supérieure sur laquelle repose une pièce mobile dans le sens vertical ; cette pièce présente en bas une surface oblique en sens inverse de la précédente. Tout mouvement de latéralité imprimé à la baguette, fera glisser l'un sur l'autre les deux plans inclinés et produira un soulèvement de la pièce mobile supérieure. C'est ce soulèvement qui rompt le circuit de ligne. A cet effet, un ressort horizontal reposant sur un bouton de métal, établit au devant de chacun des poteaux un contact qui sera rompu

chaque fois que la pièce mobile soulèvera le ressort. Cette rupture se produira à tout déplacement de la baguette, quel que soit le sens dans lequel l'homme chemine sur la piste. Aussitôt après le passage du coureur, la baguette reprend d'elle-même sa position première, par l'action des plans inclinés pressés l'un contre l'autre ; en même temps le courant un instant interrompu se rétablit. Une nouvelle rupture aura lieu chaque fois que le coureur passant au devant d'un poteau rencontrera sur son chemin une des baguettes interruptrices.

Le courant d'un seul élément de pile parcourt toute la ligne télégraphique, et si nous en suivons le

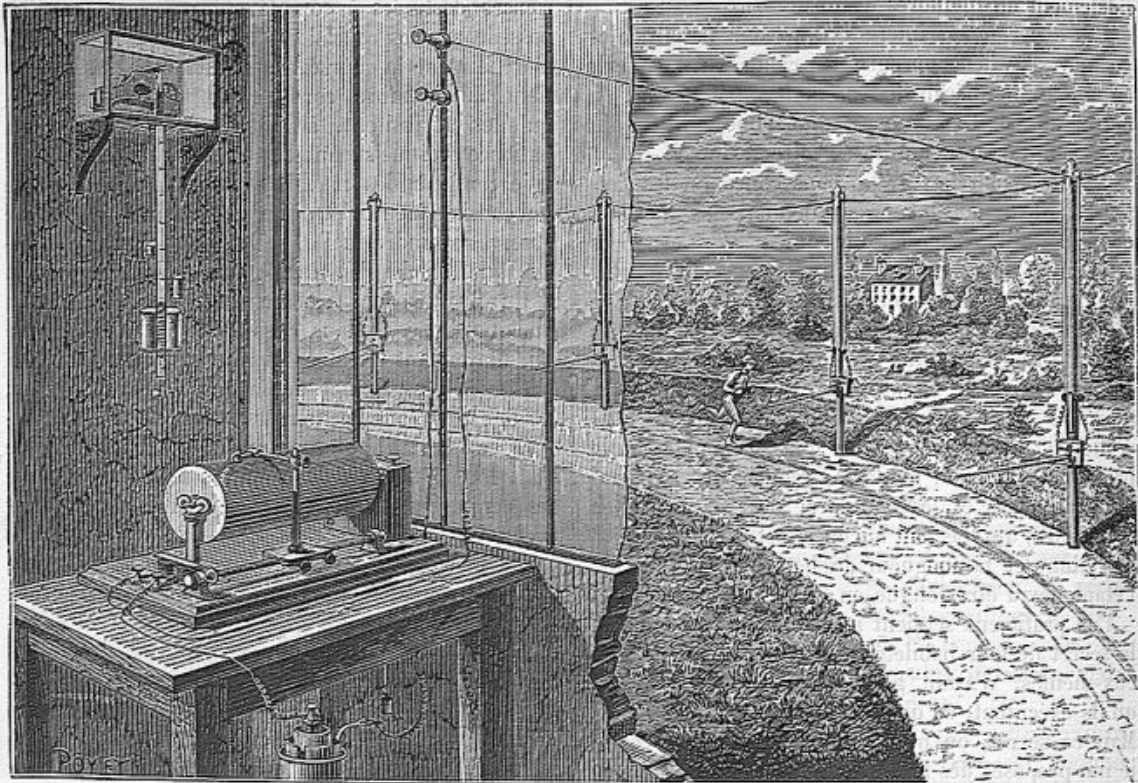


Fig. 1. — Disposition générale des expériences à la Station physiologique du Parc des Princes. — La piste d'expérience sur laquelle passe un coureur. — La ligne télégraphique porte des interrupteurs à chacun de ces poteaux ; elle est en communication avec l'odographe placé sur une table. En haut et à gauche de la figure est un pendule qui détermine au loin un timbre électrique destiné à régler l'allure du marcheur.

trajet sur la figure 1, nous le voyons, partant d'un pôle de la pile, se rendre au sommet d'un premier poteau télégraphique, descendre le long de ce poteau, traverser le contact que forme dans l'appareil interrupteur le ressort pressant sur un bouton de métal, puis remonter jusqu'à la tête du premier poteau, d'où il repart pour aller 50 mètres plus loin gagner la tête du poteau n° 2, où il traverse de la même manière l'appareil interrupteur. Partant du dernier poteau, le courant de ligne rentre dans le laboratoire, traverse l'électro-aimant de l'odographe, et retourne à la pile. Tant que le courant est fermé, l'électro-aimant, fortement attiré, embraye un appa-

reil d'horlogerie qui porte le crayon traceur. A chaque rupture du courant, le rouage devenant libre pendant un instant se met en marche et fait avancer le crayon sur le papier.

Quelques indications suffisent pour faire comprendre le fonctionnement de l'odographe. Le cylindre couvert de papier tourne uniformément sous l'influence d'un mouvement d'horlogerie placé à l'extrémité de son axe dans une boîte close. La vitesse de cette rotation est telle qu'il passe au-devant du crayon un demi-centimètre de papier par minute.

D'autre part, le crayon dont la pointe portée par un bras de métal repose sur la partie supérieure du

cyindre, est animé de mouvement, comme on l'a vu plus haut, chaque fois que le courant de la ligne subit une interruption. Pour cela, le chariot qui entrainera le crayon parallèlement à la génératrice du cylindre, est traversé par une vis qu'un rouage contenu dans la boîte d'horlogerie tend constamment à faire tourner. Il est clair que la rotation de cette vis commandera le déplacement du chariot sur ses rails et du crayon sur le papier. Mais la vis porte deux oreilles qui s'accrochent sous l'armature de l'électro-aimant et empêchent tout mouvement de la vis. Dès qu'une interruption du courant se produit, la vis est rendue libre et se met à tourner, mais le passage du marcheur devant l'interrupteur dure peu et bientôt le courant se referme, le fer doux est attiré de nouveau et quand la vis aura accompli un demi-tour, sa seconde oreille s'accrochera à l'armature de l'électro-aimant.

Le crayon ne progresse donc à chaque rupture du courant que d'une quantité constante, correspondant à la moitié de la longueur du pas de la vis. Ce chemin est égal à 1 millimètre.

Après une marche ou une course, la feuille de papier porte une ligne sinueuse semblable à celle qui est représentée en *a* figure 4. Dans ce tracé, le temps se compte dans le sens horizontal où les minutes équivalent à 1 demi-centimètre. Les chemins se comptent dans le sens vertical où chaque nouvelle ascension de la ligne correspond à un déplacement du crayon, c'est-à-dire à la rupture du courant de la

ligne par le marcheur qui passe devant un poteau. Chaque déplacement du style, c'est-à-dire chaque échelon de la ligne sinueuse *a*, exprime donc que le marcheur a parcouru 50 mètres. Ainsi, la course *a* de la figure 4 correspond à une marche dans laquelle 1200 mètres ont été parcourus en 15 minutes 55 secondes.

En tirant une ligne qui joindrait entre eux tous les angles saillants de la courbe sinueuse *a* on aurait plus simplement l'expression de la marche, c'est ce qui a été fait pour les lignes *b, c, d, etc.*, qui, par leur inclinaison plus ou moins grande, expriment que l'allure est plus ou moins rapide.

Plus la ligne s'élève brusquement, plus elle exprime une allure rapide. Ainsi, la courbe *i*, la plus brusquement ascendante, correspond à une petite course dans laquelle 1600 mètres ont été parcourus en 9 minutes 1/2; l'allure la plus lente correspond à la courbe *c*,

marche à raison de 750 mètres en 16 minutes.

Dans la figure 4, on n'a pu, à cause de ses dimensions restreintes, donner que des fragments de tracés; l'intérêt de ce genre d'inscription consiste au contraire à recueillir de longs tracés correspondant à plusieurs heures de marche. On a, de cette façon, une expression plus fidèle des caractères de l'allure

et l'on y peut saisir, soit les effets de l'excitation qui, chez certains hommes, accélère la marche pendant les premiers quarts d'heure, soit ceux de la fatigue qui, plus ou moins tard et d'une façon

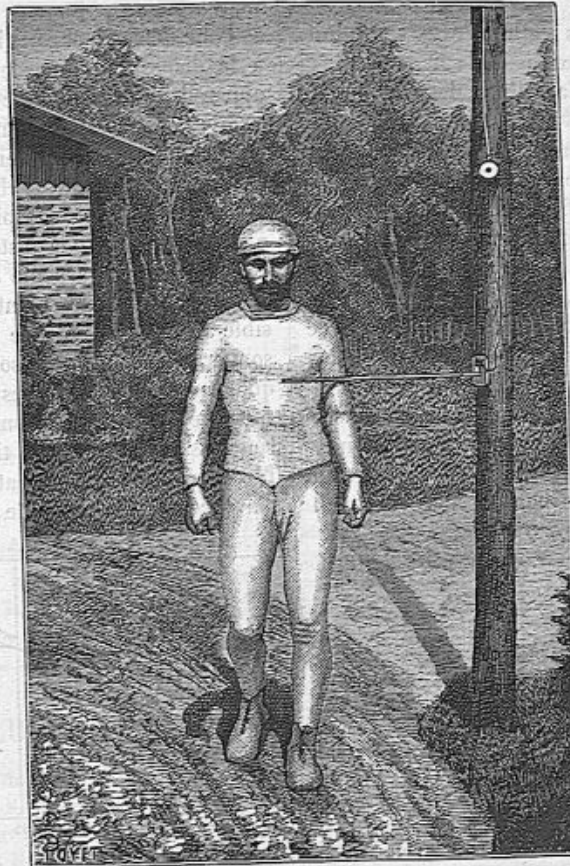


Fig. 2. — Le marcheur passant devant un poteau de la ligne provoque une interruption du circuit et actionne l'odographe télégraphique.

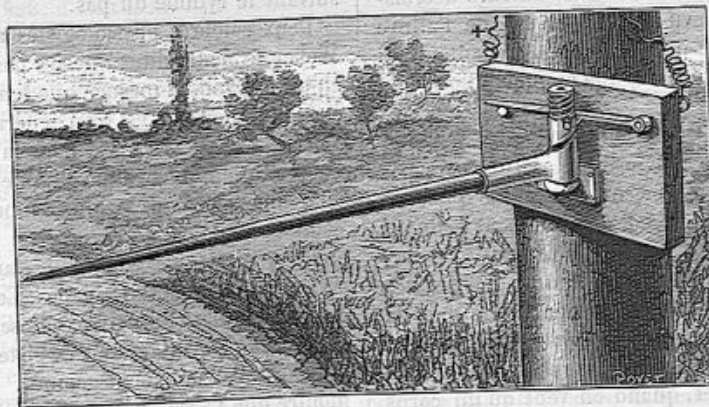


Fig. 5. — Détails de construction de l'interrupteur.

plus ou moins marquée, la ralentit. Chez certains sujets, la marche est d'une étonnante uniformité, ce qui se traduit par la rectitude parfaite du tracé odographique.

Toute irrégularité dans cette vitesse se traduit, au contraire, par des inflexions de la ligne : celle-ci monte quand la marche s'accélère, descend, quand elle se ralentit.

Telle est la disposition expérimentale employée à la Station physiologique pour étudier les différentes influences qui modifient la vitesse de la marche : influences de la charge à porter, de la forme de la chaussure, de la rapidité du rythme du clairon qui règle le pas des soldats, etc. Ces expériences sont en cours d'exécution, et ne seront pas terminées de longtemps, mais elles ont déjà donné des résultats assez intéressants.

La forme de la chaussure, disons-nous, influe sur la vitesse de la marche. Pour essayer de déterminer la meilleure forme que puisse avoir la chaussure du marcheur, j'ai fait faire des bottines dont le talon

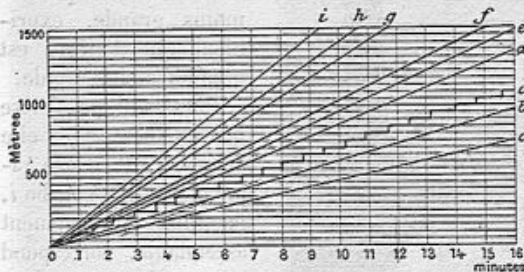


Fig. 4. — Tracés de l'odographe télégraphique correspondant à des courses et à des marches de vitesses différentes.

se compose de plaques superposées hautes d'un 1/2 centimètre, et que l'on peut empiler en nombre variable les unes au-dessus des autres pour avoir un talon dont la hauteur varie entre 6 centimètres et 1/2 centimètre. Dans une série de marches successives faites avec des talons de hauteurs décroissantes, j'ai toujours vu que la vitesse de l'allure augmentait à mesure que diminuait la hauteur du talon. Et ce résultat tenait à une augmentation de la longueur du pas.

En substituant les unes aux autres des semelles courtes, moyennes et longues, j'ai vu que le pas s'allonge et que l'allure devient plus rapide quand la longueur de la semelle excède sensiblement celle du pied. Au-dessus d'une certaine limite dont la détermination précise ne pourra être faite qu'après des expériences multipliées, l'allongement de la semelle entraîne une fatigue notable et la marche est gênée.

Le rythme du tambour ou du clairon règle le pas du soldat en marche, et, quand on veut qu'un corps de troupe accélère son allure, on fait presser la mesure, et le nombre des pas effectués en un temps donné est plus grand. Mais s'ensuit-il que la vitesse de l'allure augmente dans le même rapport? On va voir que le problème est fort complexe et que l'accélération du rythme de la marche augmente la vitesse

de l'allure jusqu'à un certain rythme voisin de 80 pas à la minute; au delà, l'accroissement de fréquence du pas amène un ralentissement de la marche.

Pour déterminer cette influence du rythme, il faut, à la disposition précédemment décrite, ajouter un appareil qui règle avec une précision absolue le nombre des pas qui seront faits dans chaque minute. Un pendule représenté en haut et à gauche dans la figure 1 interrompt, à chacune de ses oscillations, le courant d'une forte pile qui actionne un timbre placé au centre de la piste. Ce timbre électrique est établi sur une charpente élevée, de façon à être bien entendu de tous les points de la piste. Il est impossible au marcheur de ne pas régler son pas sur la sonnerie du timbre, de sorte qu'au bout d'un temps quelconque le nombre des pas effectués, sera exactement celui des oscillations du pendule. Or, un curseur glissant le long de la tige du pendule donne à celui-ci un nombre d'oscillations exactement déterminé d'avance pour chacune de ses positions.

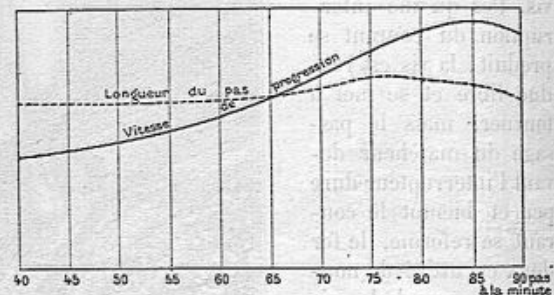


Fig. 5. — Courbes de la vitesse de la marche et de la longueur du pas en fonction du rythme de l'allure.

En imposant à la marche un rythme lent, 40 pas à la minute, puis, en opérant sur des rythmes de plus en plus rapides, on voit qu'un même nombre de kilomètres est parcouru en des temps inégaux suivant le rythme du pas.

Deux célèbres physiologistes allemands, les frères Weber, avaient admis que les pas deviennent de plus en plus grands à mesure que leur rythme s'accélère. Mais cette formule est trop générale ainsi qu'on va le voir, et s'il est vrai que, dans la marche peu rapide, l'accélération du rythme augmente la longueur du pas, une accélération plus grande finit par le raccourcir.

Mais, dira-t-on, comment, dans ces expériences, apprécier la longueur du pas. Cette longueur se déduit simplement du nombre d'oscillations du pendule effectuées pendant un tour de piste qui représente un parcours parfaitement connu. Or l'expérience a montré que l'accélération progressive du rythme des pas amenait dans leur longueur les modifications exprimées par le tableau suivant.

Ainsi l'accélération du rythme de 60 jusqu'à 80 pas à la minute avait augmenté la longueur du pas, mais à partir de ce dernier chiffre l'accélération a produit un effet tout contraire, elle a diminué la longueur du pas.

On peut, avec avantage, remplacer le tableau numérique ci-dessus par l'expression graphique des variations de la vitesse de l'allure et de la longueur du pas en fonction de la fréquence du rythme. Ce tableau est représenté figure 5, il est assurément plus explicite que les trois colonnes de chiffres d'après lesquelles il a été construit.

Durée du parcours pour 1542 mètres.	Rythme ou nombre des doubles pas à la minute.	Longueur des doubles pas.
20'50"	60	1 ^m ,55
18'40"	65	1 ^m ,57
16'27"	70	1 ^m ,45
14'58"	75	1 ^m ,51
13'52"	80	1 ^m ,50
13' 3"	85	1 ^m ,49
14' 1"	90	1 ^m ,52

La raison physique de ce raccourcissement du pas dans les rythmes très rapides a pu être déterminée, mais pour l'exposer, il faudrait des détails qui allongeraient encore un article déjà trop étendu. Je n'avais pour but aujourd'hui que de montrer comment les méthodes rigoureuses de la physiologie peuvent servir au perfectionnement des actes les plus usuels de la vie.

MAREY, de l'Institut.

NÉCROLOGIE

Edmond About. — Un des premiers écrivains de notre temps s'est éteint avec M. Edmond About, dont la mort a causé une émotion universelle dans le monde de l'intelligence et de la pensée. Il ne nous appartient pas de parler de l'œuvre de l'éminent académicien, ni des grâces de son style, ni du mordant de ses critiques; mais il est de notre devoir de considérer en lui le grand travailleur, qui s'est élevé des rangs infimes au sommet de l'échelle sociale. Comme il devait le dire plus tard à ses enfants, « il n'avait pour ancêtres que des pauvres, des humbles et des petits. » M. Edmond About était né à Dieuze (Meurthe) le 14 février 1828; il était le fils d'un modeste épiciers, et dès son plus jeune âge il se faisait remarquer déjà comme un esprit supérieur. M. Francisque Sarcey, son camarade d'enfance, son ami de la première et de la dernière heure, l'a rappelé non sans émotion : « Edmond About, dit M. Sarcey, avait été élevé, comme moi, dans une des institutions du lycée Charlemagne, où il payait sa pension en prix au concours. Ah! qu'il avait déjà d'esprit et de grâce! Il était né écrivain. Il n'avait que quatorze ou quinze ans et ses professeurs nous lisaient ses devoirs de français comme des modèles de style. Quelle admiration il excitait parmi nous! J'étais le fort en thème, le bœuf au travail; toujours le second. Lui, il cueillait, tout naturellement, et les premières places et les premiers prix. A l'école normale, ce fut la même chose. Quelle verve toujours en mouvement! » On sait que M. Edmond About eut dans sa jeunesse le grand prix d'honneur de rhétorique, tandis que M. Taine avait le second prix, et M. Francisque Sarcey le premier accessit. Prevost Paradol était aussi un de ses camarades d'enfance.

Après avoir dit quelques mots du travailleur, nous ne voulons pas oublier le patriote. M. Edmond About, né en Lorraine, avait pour la France « une tendresse exal-

tée », suivant l'expression de M. Caro. Il aimait profondément son pays, et il affectionnait par-dessus tout la patrie perdue. Sa propriété d'Alsace, dont il n'a jamais voulu se défaire, fut fermée à la fin de la guerre, et il a voulu, comme il le disait, qu'elle restât française. M. Edmond About laisse une famille nombreuse, des enfants à l'éducation desquels il se consacrait avec un rare dévouement. Il était serviable, bienveillant, et savait encourager la jeunesse laborieuse. Il y aurait ingratitude de notre part à oublier les nombreuses marques d'estime et de sympathie qu'il n'a jamais cessé de témoigner à l'égard de *La Nature* et de plusieurs de ses rédacteurs; aussi n'avons-nous pas manqué de nous joindre au cortège d'amis et d'admira-teurs qui ont été pieusement déposer une couronne sur sa tombe si malheureusement ouverte avant l'heure.

F.-E. Roudaire. — Nous avons appris avec douleur la mort du colonel Roudaire, officier d'une haute valeur, bien connu par son grand projet de la mer intérieure en Algérie. Né à Guéret (Creuse) en 1856, il entra à Saint-Cyr en 1874 et passa en 1876 à l'École des ponts et chaussées. Lieutenant en 1878, il fut promu capitaine d'État-Major en 1881 et chef d'escadron en 1878. C'est en 1875 qu'il fut chargé de travaux géodésiques pour la détermination de la méridienne de Biskra, et c'est alors qu'il fut frappé de l'abaissement d'une partie du Sahara au-dessous du niveau de la Méditerranée. Il en conclut qu'une mer avait dû exister là jadis, et conçut dès lors le projet de percer les dunes qui forment une barrière entre la Méditerranée et le désert. On sait avec quelle ténacité, avec quelle persévérance, M. Roudaire s'était consacré à ce grand projet; il avait pour lui des partisans nombreux et convaincus, mais il avait aussi des adversaires. Il était parvenu à convaincre M. Ferdinand de Lesseps, qui se montra son plus ardent protecteur. Roudaire était persuadé que le rétablissement de la mer des Chotts modifierait le climat d'une grande partie actuellement stérile de l'Algérie, et répandrait la prospérité et les richesses là où il n'y a que le désert et le néant.

Le colonel Roudaire avait la foi qui suscite les grandes entreprises; il avait la persévérance, peut-être eût-il réussi à réaliser son œuvre; la mer des Chotts était sa pensée unique, il en avait fait le but de sa vie. Distingué, aimable, séduisant, le colonel Roudaire laissera autour de lui les plus vifs regrets. Il est mort à 48 ans, de la fièvre qu'il a gagnée sur le seuil de Gabès, pendant les nuits passées sous la tente, au milieu des privations et des fatigues, alors qu'il se promettait de combattre sans trêve ni relâche, pour atteindre son but. Quelle que soit la destinée de ses projets, saluons la mémoire du colonel Roudaire. C'était un homme de désintéressement et de volonté.

GASTON TISSANDIER.

MONTPELLIER-LE-VIEUX

Si les Pyrénées et les Alpes françaises sont tous les ans visitées et étudiées par de nombreux savants ou touristes, il n'en est pas de même des Cévennes, dont les abords encore difficiles n'offrent pas à l'explorateur l'attrait de rendez-vous confortables pour organiser des ascensions. Cette partie de la France est encore connue trop sommairement, et cependant elle offre de grandes beautés naturelles d'un genre à part qui étonnent et enthousiasment les voyageurs pouvant se croire blasés après de